

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



**MEJORA DE LA TECNOLOGÍA DE
DESASTRINGENCIA, CONSERVACIÓN Y
COMERCIALIZACIÓN DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'
PARA CONSUMO EN FRESCO**

**TESIS DOCTORAL
PRESENTADA POR:
Cristina Besada Ferreiro**

**DIRECTORA:
Dra. Alejandra Salvador Pérez
TUTORA:
Dra. Isabel Pérez-Munuera**

Valencia, Junio 2008

Agradecimientos

Quisiera expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas e instituciones que me han brindado su apoyo durante mi formación doctoral.

Al Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), por la beca predoctoral concedida.

Al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) por la financiación de parte de estas investigaciones.

A la Denominación de Origen 'Kaki Ribera del Xúquer', especialmente a Rafa Perucho por su colaboración y por mostrar en todo momento interés por el trabajo que realizamos.

A la Cooperativa Ntra. Sra. Del Oretó, L'Alcudia, Valencia, de manera especial a Mario Vendrell, por su colaboración.

A Isabel Pérez-Munuera por colaborar como tutora académica.

Al grupo de Microestructura y Química de Alimentos de la Universidad Politécnica de Valencia, a su responsable Isabel Pérez-Munuera y a su equipo, Isabel Hernando, Ana Puig, Amparo Quiles, Empar Llorca; así como a Virginia Larrea por la realización de los estudios microestructurales de esta tesis.

A todo el departamento de Postcosecha del IVIA, por prestarme su ayuda siempre que lo he necesitado. A Lucía, Pilar, Adela, Miguel Ángel, Clara,a todos, porque es un placer trabajar a vuestro lado.

A Cris, Alicia y Lluís, con quienes he compartido preocupaciones y alegrías. Thank you Lluís!. A Rebeca y a Víctor por cuidarme y alegrarme en el esfuerzo final.

A Gerardo, por haber llegado a tiempo, por escucharme,.....por quedarse.

Por último y de manera especial quiero dar las gracias a Alejandra Salvador, por haberme dirigido con dedicación y cariño, por haberme enseñado y haber confiado en mí en todo momento,.....por haber sido durante estos años mucho más que mi directora.

Quiero dedicar esta tesis a todos de los que físicamente me alejé para venir a realizarla, porque siempre los he llevado conmigo,

..... a mis padres.

RESUMEN

La producción de caqui 'Rojo Brillante' ha aumentado de manera muy importante en los últimos años, debido principalmente a la introducción de métodos postcosecha para la eliminación de la astringencia basados en la aplicación de altas concentraciones de dióxido de carbono (CO₂), que permiten obtener un fruto no astringente de textura firme. Sin embargo, a nivel comercial en determinados momentos de la campaña se han encontrado dificultades para una eliminación total de la astringencia; no siendo conocidas las causas de la falta de eficacia del tratamiento, se hace necesario el estudio y optimización del proceso de desastringencia para poder obtener un fruto de elevada calidad que satisfaga las expectativas del consumidor.

Por otra parte, debido al corto periodo de tiempo en el que se concentra la producción de este cultivar, entre los meses de Octubre a Diciembre, es de gran interés la optimización de la tecnología de conservación existente, así como la introducción de nuevas tecnologías que permitan prolongar el periodo comercial del fruto.

Actualmente una de las principales alteraciones durante la comercialización de esta variedad es la presencia de pardeamiento, llegando a suponer considerables pérdidas para el sector ya que no están claras las causas de dicha alteración ni las medidas de control a tomar.

Los objetivos principales de esta tesis fueron: la caracterización de diferentes estados de madurez de caqui 'Rojo Brillante', la optimización del tratamiento de desastringencia, la evaluación de tratamientos precosecha y postcosecha para prolongar la conservación, y el estudio de los factores implicados en la aparición de pardeamiento durante la comercialización del fruto.

En la presente tesis se ha establecido la relación entre los cambios de color, parámetro utilizado como índice de madurez en recolección, y los cambios fisicoquímicos y microestructurales que tienen lugar durante la maduración del caqui 'Rojo Brillante', siendo caracterizados seis estados de madurez comercial. El conocimiento de la relación entre los cambios que se producen en los atributos de calidad y los cambios fisiológicos durante la maduración permitirá abordar problemas futuros de conservación y comercialización, con una base más sólida que la disponible en este momento.

En el estudio de la optimización del tratamiento de desastringencia se ha determinado la influencia de factores como el estado de madurez del fruto, la

concentración de CO₂ aplicada y la temperatura y tiempo de aplicación del tratamiento de desastringencia, en la efectividad del mismo. Además, se ha observado una pérdida de eficacia del tratamiento de desastringencia aplicado a fruta previamente conservada a 15°C, cuyas causas han sido explicadas mediante el estudio microestructural de la pulpa del fruto.

Se han estudiado tratamientos precosecha (ácido giberélico y nitrato cálcico) y postcosecha (atmósferas controladas, tratamientos con 1-MCP y tratamientos térmicos), con la finalidad de prolongar la conservación del caqui. Los resultados más prometedores se han obtenido mediante el uso combinado de ácido giberélico en precosecha y 1-MCP en postcosecha, lográndose extender de manera muy importante la conservación a 1°C.

El efecto de reducción de los daños por frío ejercido por la aplicación del 1-Metilciclopropeno (1-MCP), inhibidor de la acción del etileno, se ha relacionado con la preservación de la estructura celular de la pulpa del fruto.

En el estudio de los tratamientos térmicos para el control de los daños por frío, la aplicación de baños de agua caliente resultó efectiva dependiendo del estado de madurez del fruto, mientras que los tratamientos de aire caliente (curado) no se mostraron efectivos para la reducción de esta alteración.

El uso de atmósferas controladas basadas en altas concentraciones de N₂ permitió prolongar el almacenamiento a 15°C, sin embargo serían necesarios más estudios para considerar su aplicación una alternativa comercialmente viable.

Entre los factores implicados en la aparición de pardeamiento, se ha determinado que el daño mecánico sufrido por el fruto cuando es sometido al paso por línea de confección es el factor decisivo para la aparición de esta alteración durante la comercialización. La susceptibilidad a la aparición de pardeamiento se ha relacionado con el grado de astringencia del fruto en el momento de sufrir el daño mecánico, quedando claramente reflejada la implicación de los taninos insolubles en el proceso de pardeamiento.

Los resultados obtenidos en la presente tesis, en cuanto a optimización de la tecnología de desastringencia, conservación y comercialización de caqui, además de la importancia científica, aportan importante información para mejorar los procesos tecnológicos, siendo viable su aplicación industrial para la obtención de una calidad óptima del producto.

RESUM

La producció de caqui 'Rojo Brillante' ha augmentat de manera molt important en els últims anys, degut principalment a la introducció de mètodes postcollita per a l'eliminació de l'astringència basats en l'aplicació d'altres concentracions de diòxid de carboni (CO₂), que permeten obtenir un fruit no astringent de textura ferma. No obstant això, a nivell comercial en determinats moments de la campanya s'han trobat dificultats per a una eliminació total de l'astringència; no essent conegudes les causes de la falta d'eficàcia del tractament, es fa necessari l'estudi i optimització del procés de desastringència per a poder obtenir un fruit d'elevada qualitat que satisfaga les expectatives del consumidor.

D'altra banda, a causa del curt període de temps en què es concentra la producció d'este cultivar, entre els mesos d'octubre a desembre, és de gran interès l'optimització de la tecnologia de conservació existent, així com la introducció de noves tecnologies que permeten prolongar el període comercial del fruit.

Actualment una de les principals alteracions durant la comercialització d'esta varietat és la presència d'enfosquiment, arribant a suposar considerables pèrdues per al sector ja que no estan clares les causes d'esta alteració ni les mesures de control a prendre.

Els objectius principals d'esta tesi van ser: la caracterització de diferents estats de maduresa de caqui 'Rojo Brillante', l'optimització del tractament de desastringència, l'estudi de tractaments precollita i postcollita per a prolongar la conservació, així com l'estudi dels factors implicats en l'aparició d'enfosquiment durant la comercialització del fruit.

En la present tesi s'ha establert la relació entre els canvis de color, paràmetre utilitzat com a índex de maduresa en recol·lecció, i els canvis fisicoquímics i microestructurals que tenen lloc durant la maduració del caqui 'Rojo Brillante', essent caracteritzats sis estats de maduresa comercial. El coneixement de la relació entre els canvis que es produeixen en els atributs de qualitat i els canvis fisiològics durant la maduració permetran abordar problemes futurs de conservació i comercialització, amb una base més sòlida que la disponible en este moment.

En l'estudi de l'optimització del tractament de desastringència s'ha determinat la influència de factors com l'estat de maduresa del fruit, la concentració de CO₂ aplicada i la temperatura i temps d'aplicació del tractament de desastringència, en l'efectivitat del mateix. A més, s'ha observat una pèrdua d'eficàcia del tractament de desastringència

aplicat a fruita prèviament conservada a 15°C, les causes de la qual han sigut explicades per mitjà de l'estudi microestructural de la polpa del fruit.

S'han estudiat tractaments precollita (àcid gibberèl·lic i nitrat càlcic) i postcollita (atmosferes controlades, tractaments amb 1-MCP i tractaments tèrmics), amb la finalitat de prolongar la conservació del caqui. Els resultats més prometedors s'han obtingut per mitjà de l'ús combinat d'àcid gibberèl·lic en precollita i 1-MCP en postcollita, aconseguint-se estendre de manera molt important la conservació a 1°C.

L'efecte de reducció dels danys per fred exercit per l'aplicació del 1-Metilciclopropé (1-MCP), inhibidor de l'acció de l'etilé, s'ha relacionat amb la preservació de l'estructura cel·lular de la polpa del fruit.

En l'estudi dels tractaments tèrmics per al control dels danys per fred, l'aplicació de banys d'aigua calenta va resultar efectiva depenent de l'estat de maduresa del fruit, mentre que els tractaments d'aire calent (curat) no es van mostrar efectius per a la reducció d'esta alteració.

L'ús d'atmosferes controlades basades en altes concentracions de N₂ va permetre prolongar l'emmagatzemament a 15°C, no obstant això serien necessaris més estudis per considerar la seua aplicació una alternativa comercialment viable.

Entre els factors implicats en l'aparició d'enfosquiment, s'ha determinat que el dany mecànic sofert pel fruit quan és sotmés al pas per línia de confecció, és el factor decisiu per a l'aparició d'esta alteració durant la comercialització. La susceptibilitat a l'aparició d'enfosquiment s'ha relacionat amb el grau d'astringència del fruit en el moment de sofrir el dany mecànic, quedant clarament reflectida la implicació dels tanins insolubles en el procés d'enfosquiment.

Els resultats obtinguts en la present tesi, pel que fa a l'optimització de la tecnologia de desastringència, conservació i comercialització del caqui, a més de la importància científica, aporten important informació per millorar els processos tecnològics, essent viable la seua aplicació industrial per a l'obtenció d'una qualitat òptima del producte.

ABSTRACT

The production of persimmon 'Rojo Brillante' has increased significantly during the last few years, mainly due to the introduction of postharvest methods for the elimination of astringency based on the application of high carbon dioxide (CO₂) concentrations, which allow to obtain a non astringent fruit with a crisp texture. However, commercial deastringency treatments are not completely successful during the entire season. In order to obtain a high quality product that meets consumer expectations, it is necessary to determine the causes of such lack of effectiveness and thus optimize deastringency procedures in the packinghouses.

Moreover, since the production of this cultivar is concentrated from October to December, the optimization of existing storage technologies, as well as the introduction of new technologies to prolong commercial periods, are of great interest.

Currently, flesh browning is one of the major postharvest disorders of this cultivar, causing considerable losses to the industry. The causes of this alteration and appropriate control means are not clear.

The main objectives of this thesis were to characterize different stages of maturity of 'Rojo Brillante' persimmon, optimize the deastringency treatment, study preharvest and postharvest treatments to prolong storage life, and study the factors involved in the incidence of browning during the fruit postharvest life.

The present thesis has established the relationship between changes in color, the parameter used as index of maturity at harvest, and physicochemical and microstructural changes that take place during ripening of persimmon 'Rojo Brillante'. The knowledge of how physiological changes affect fruit quality during fruit ripening will considerably contribute to alleviate storage and commercialisation problems in the near future.

In the study to optimize the deastringency treatment, it has been determined that its effectiveness is influenced by factors such as the maturity stage of fruit, the applied CO₂ concentration and the temperature and duration of the deastringency treatment. Moreover, it has been observed that the deastringency treatment was less effective on fruit previously stored at 15°C. This fact was explained through microestructural studies.

Preharvest (gibberellic acid and calcium nitrate) and postharvest (controlled atmospheres, 1-methylcyclopropene (1-MCP) and heat) treatments have been studied in

order to prolong the storage life of persimmon. The most promising results have been achieved by means of combining the use of gibberellic acid and 1-MCP. This combined treatment significantly extended the storage period at 1°C. The effect of chilling injury reduction by applying 1-MCP, an ethylene action inhibitor, has been linked to the preservation of the fruit flesh cell structure.

In the study of heat treatments to control chilling injury, the effectiveness of hot water dips depended on the fruit maturity stage. Hot air treatments (curing) were not effective.

The use of high N₂ controlled atmospheres allowed to prolong the fruit storage period at 15°C. However, further studies are necessary to develop a commercially viable application of this technology.

It has been determined that, among the factors involved in the incidence of browning, the most important is the mechanical damage suffered by the fruit in the packing line. Fruit susceptibility to browning was related to the degree of astringency of the fruit and thus to the level of insoluble tannins.

The results obtained in the present thesis on optimization of persimmon deastringency and storage technologies, beside their scientific significance, may provide important information to improve commercial postharvest technologies and help the industry to obtain produce of optimum quality.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN.....	1
I.1.EVOLUCIÓN HISTÓRICA.....	3
I.1.1. EL CAQUI EN ESPAÑA	4
I.1.2. EL CAQUI 'ROJO BRILLANTE' EN LA RIBERA DEL XÚQUER.....	4
I.2. FISIOLÓGIA POSTCOSECHA.....	12
I.2.1. MADURACIÓN.....	12
I.2.1.1. Frutos climatéricos y no climatéricos.....	13
I.2.1.2. Modificaciones químicas durante la maduración.....	15
I.2.2. ETILENO.....	16
I.2.2.1. Papel del Etileno en la maduración organoléptica de frutos climatéricos y no climatéricos.....	16
I.2.2.2. Biosíntesis del etileno.....	17
I.2.3. LA RESPIRACIÓN	20
I.2.3.1. Respiración aerobia y anaerobia.....	20
I.2.3.2. Significado de la respiración en la biología postcosecha.....	22
I.2.3.3. Intercambio de gases. Barreras para la difusión.....	23
I.2.3.4. Implicación de la respiración en el proceso de desastringencia del caqui.....	24
I.3. POSTCOSECHA DEL CAQUI 'ROJO BRILLANTE'. ANTECEDENTES.....	27
I.3.1. RECOLECCIÓN.....	27
I.3.2. DESASTRINGENCIA DEL FRUTO.....	28
I.3.3. CONSERVACIÓN.....	30

Índice de Contenidos

I.3.3.1. Conservación a Bajas Temperaturas.....	30
I.3.3.2. Conservación a Temperaturas Moderadas.....	37
I.3.4. COMERCIALIZACIÓN.....	39
 II. OBJETIVOS.....	 41
 III. MATERIAL Y MÉTODOS.....	 45
 III.1. MATERIAL VEGETAL Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	 49
 III.1.1. OBJETIVO 1. ESTUDIO DE LOS CAMBIOS FISIOLÓGICOS Y MICROESTRUCTURALES DURANTE LA MADURACIÓN Y DESASTRINGENCIA DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'.....	 49
 III.1.1.2. Caracterización fisiológica y microestructural de diferentes estados de madurez en el periodo de recolección de caqui 'Rojo Brillante'.....	 49
 III.1.2. OBJETIVO 2. OPTIMIZACIÓN DEL TRATAMIENTO DE DESASTRINGENCIA DEL CAQUI 'ROJO BRILLANTE' EN FUNCIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ DEL FRUTO Y DE LAS CONDICIONES DE MANIPULACIÓN.....	 51
 III.1.2.1. Caracterización y optimización del tratamiento de desastringencia de caqui 'Rojo Brillante' en función del estado de madurez.....	 51
 III.1.2.2. Optimización del tratamiento de desastringencia, basado en concentraciones de CO ₂ del 95%, en función del estado de madurez de caqui 'Rojo Brillante'.....	 53

III.1.2.3. Estudio fisiológico y microestructural de la eficacia del tratamiento de desastringencia con altas concentraciones de CO ₂ durante la conservación de caqui 'Rojo Brillante' a 15°C.....	55
III.1.3. OBJETIVO 3. ESTUDIO DE TRATAMIENTOS PRECOSECHA Y POSTCOSECHA PARA CONTROLAR LOS SÍNTOMAS DE DAÑO POR FRÍO Y PROLONGAR LA CONSERVACIÓN DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'	57
III.1.3.1. Efecto de la aplicación de Atmósferas Controladas en la conservación de caqui 'Rojo Brillante' a 15°C.....	57
III.1.3.2. Estudio microestructural del efecto del 1-Metilciclopropeno durante la conservación a 1°C de caqui 'Rojo Brillante'	59
III.1.3.3. Estudio del uso combinado de tratamientos precosecha y postcosecha para mejorar la conservación de caqui 'Rojo Brillante'.....	61
III.1.3.4. Efecto de tratamientos de agua caliente en la conservación frigorífica de caqui 'Rojo Brillante'.....	63
III.1.3.5. Efecto de tratamientos de curado en la conservación frigorífica de caqui 'Rojo Brillante'.....	65
III.1.4. OBJETIVO 4. ESTUDIO DE LA APARICIÓN DE PARDEAMIENTO DURANTE LA MANIPULACIÓN POSTCOSECHA DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'; FACTORES IMPLICADOS Y CONTROL DE DICHA ALTERACIÓN.....	67
III.1.4.1. Efecto de la línea de confección y condiciones del tratamiento de desastringencia en el pardeamiento de caqui 'Rojo Brillante'.....	67
III.1.4.2. Efecto del atemperado previo a la confección en el pardeamiento de caqui 'Rojo Brillante'.....	69
III.1.4.3. Efecto del momento de paso por línea de confección en el pardeamiento de caqui 'Rojo Brillante'.....	71

III.2. DETERMINACIONES ANALÍTICAS.....	73
III.2.1. FIRMEZA.....	73
III.2.2. COLOR.....	73
III.2.3. PRODUCCIÓN DE ACETALDEHÍDO (AcH) Y ETANOL (EtOH)	74
III.2.4. PRODUCCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂) Y ETILENO (C ₂ H ₄).....	74
III.2.5. CONTENIDO DE TANINOS SOLUBLES (TS)	75
III.2.6. ÍNDICE DE TANINOS (IT)	76
III.2.7. EVALUACIÓN SENSORIAL.....	77
III.2.8. CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (SST) Y pH.....	77
III.2.9. PÉRDIDA DE PESO.....	78
III.2.10. ACTIVIDAD ENZIMÁTICA.....	78
III.2.10.1. Pectinmetilesterasa (PME)	78
III.2.10.2. Poligalacturonasa (PG)	79
III.2.11. PARDEAMIENTO EXTERNO E INTERNO.....	79
III.2.12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	81
III.2.13. ESTUDIO MICROESTRUCTURAL.....	81
III.2.13.1. Criomicroscopía electrónica de Barrido (Cryo-SEM)	81
III.2.13.1. Microscopía electrónica de Barrido (SEM)	81

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	83
IV.1. OBJETIVO 1. ESTUDIO DE LOS CAMBIOS FISIOLÓGICOS Y MICROESTRUCTURALES DURANTE LA MADURACIÓN Y DESASTRINGENCIA DEL CAQUI 'ROJO BRILLANTE'.....	85
IV.1.1. CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA Y MICROESTRUCTURAL DE DIFERENTES ESTADOS DE MADUREZ EN EL PERIODO DE RECOLECCIÓN DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'.....	86
IV.1.1.1. ESTUDIO FISIOLÓGICO Y FISICOQUÍMICO.....	87
IV.1.1.1.1. Color.....	87
IV.1.1.1.2. Firmeza y Actividad Enzimática.....	89
IV.1.1.1.3. Producción de Etileno y CO ₂	92
IV.1.1.1.4. Taninos Solubles.....	94
IV.1.1.1.5. Producción de Acetaldehído y Etanol.....	96
IV.1.1.1.6. Sólidos Solubles Totales y pH.....	98
IV.1.1.1.7. Pérdida de peso.....	98
IV.1.2. ESTUDIO MICROESTRUCTURAL.....	100
IV.1.2.1. Estado de madurez M I y M II.....	100
IV.1.2.2. Estado de madurez M III y M IV.....	101
IV.1.2.2. Estado de madurez M V y M VI.....	102
IV.2. OBJETIVO 2. OPTIMIZACIÓN DEL TRATAMIENTO DE DESASTRINGENCIA DEL CAQUI 'ROJO BRILLANTE' EN FUNCIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ DEL FRUTO Y DE LAS CONDICIONES DE MANIPULACIÓN.....	107

Índice de Contenidos

IV.2.1. CARACTERIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL TRATAMIENTO DE DESASTRINGENCIA DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE' EN FUNCIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ.....	108
IV.2.1.1. Características de la fruta en recolección.....	109
IV.2.1.2. Evaluación sensorial de la astringencia.....	110
IV.2.1.3. Producción de Acetaldehído.....	113
IV.2.1.4. Producción de Etanol.....	114
IV.2.1.5. Taninos Solubles.....	116
IV.2.1.6. Índice de Taninos.....	118
IV.2.2. OPTIMIZACIÓN DEL TRATAMIENTO DE DESASTRINGENCIA, BASADO EN CONCENTRACIONES DE CO ₂ DEL 95%, EN FUNCIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'.....	121
IV.2.2.1. Características de la fruta en recolección.....	122
IV.2.2.2. Evaluación sensorial de la astringencia.....	123
IV.2.2.3. Producción de Acetaldehído y Etanol.....	126
IV.2.2.4. Taninos Solubles.....	128
IV.2.2.5. Índice de Taninos.....	128
IV.2.3. ESTUDIO FISIOLÓGICO Y MICROESTRUCTURAL DE LA EFICACIA DEL TRATAMIENTO DE DESASTRINGENCIA CON ALTAS CONCENTRACIONES DE CO ₂ DURANTE LA CONSERVACIÓN DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE' A 15°C.....	132
IV.2.3.1. ESTUDIO FISIOLÓGICO Y FISICOQUÍMICO.....	133
IV.2.3.1. ESTUDIO MICROESTRUCTURAL.....	139

IV.3. OBJETIVO 3. ESTUDIO DE TRATAMIENTOS PRECOSECHA Y POSTCOSECHA PARA CONTROLAR LOS SÍNTOMAS DE DAÑO POR FRÍO Y PROLONGAR LA CONSERVACIÓN DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'	147
IV.3.1. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ATMÓSFERAS CONTROLADAS EN LA CONSERVACIÓN DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE' A 15°C.....	148
IV.3.1.1. Firmeza.....	149
IV.3.1.2. Color.....	151
IV.3.1.3. Producción de CO ₂ y Etileno.....	153
IV.3.1.4. Taninos Solubles.....	156
IV.3.1.5. Índice de Taninos.....	157
IV.3.1.6. Producción de Acetaldehído y Etano.....	161
IV.3.1.7. Evaluación Sensorial.....	162
IV.3.1.8. pH y Sólidos Solubles Totales (SST)	167
IV.3.2. ESTUDIO MICROESTRUCTURAL DEL EFECTO DEL 1-METILCICLOPROPENO DURANTE LA CONSERVACIÓN A 1°C DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'.....	171
IV.3.2.1. ESTUDIO FISIOLÓGICO Y FISICOQUÍMICO.....	172
IV.3.2.2. ESTUDIO MICROESTRUCTURAL.....	178
IV. 3. 3. ESTUDIO DEL USO COMBINADO DE TRATAMIENTOS PRECOSECHA Y POSTCOSECHA PARA MEJORAR LA CONSERVACIÓN DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'.....	185
IV.3.3.1. RECOLECCIÓN.....	186

Índice de Contenidos

IV.3.3.2. CONSERVACIÓN.....	188
IV.3.3.2.1. Firmeza.....	188
IV.3.3.2.2. Color.....	194
IV.3.3.2.3. Astringencia.....	198
IV.3.3.2.4. Sólidos Solubles Totales (SST) y pH.....	204
IV.3.3.2.5. Producción de CO ₂ y Etileno.....	204
IV.3.3.2.6. Pérdida de Peso.....	205
 IV.3.4. EFECTO DE TRATAMIENTOS DE AGUA CALIENTE EN LA CONSERVACIÓN FRIGORÍFICA DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'.....	 207
 IV.3.4.1. Ensayo 1. Fruta recolectada a principios de campaña, presentando una firmeza de 47 N y un índice de color 2.3.....	 208
IV.3.4.2. Ensayo 2. Fruta recolectada a mitad de campaña presentando una firmeza de 33 N y un índice de color 17.4.....	211
IV.3.4.3. Ensayo 3. Fruta recolectada a final de campaña presentando una firmeza de 21 N y un índice de color 23.4.....	214
 IV.3.5. EFECTO DE TRATAMIENTOS DE CURADO EN LA CONSERVACIÓN FRIGORÍFICA DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'.....	 223
 IV.3.5.1. Firmeza.....	224
IV.3.5.2. Alteraciones Externas e Internas.....	227
IV.3.5.3. Color.....	232
IV.3.5.4. Pérdida de Peso.....	233

IV.3.5.5. Astringencia.....	234
IV.3.5.6. Sólidos Solubles Totales.....	238
 IV.4. OBJETIVO 4. ESTUDIO DE LA APARICIÓN DE PARDEAMIENTO DURANTE LA MANIPULACIÓN POSTCOSECHA DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'; FACTORES IMPLICADOS Y CONTROL DE DICHA ALTERACIÓN.....	 241
 IV.4.1. EFECTO DE LA LÍNEA DE CONFECCIÓN Y CONDICIONES DEL TRATAMIENTO DE DESASTRINGENCIA EN EL PARDEAMIENTO DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'.....	 242
IV.4.2. EFECTO DEL ATEMPERADO PREVIO A LA CONFECCIÓN EN EL PARDEAMIENTO DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'.....	253
IV.4.3. EFECTO DEL MOMENTO DE PASO POR LÍNEA DE CONFECCIÓN EN EL PARDEAMIENTO DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'.....	258
 V. CONCLUSIONES.....	 265
 V.1. OBJETIVO 1. ESTUDIO DE LOS CAMBIOS FISIOLÓGICOS Y MICROESTRUCTURALES DURANTE LA MADURACIÓN Y DESASTRINGENCIA DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'.....	 267
 V.2. OBJETIVO 2. OPTIMIZACIÓN DEL TRATAMIENTO DE DESASTRINGENCIA DEL CAQUI 'ROJO BRILLANTE' EN FUNCIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ DEL FRUTO Y DE LAS CONDICIONES DE MANIPULACIÓN.....	 268
 V.3. OBJETIVO 3. ESTUDIO DE TRATAMIENTOS PRECOSECHA Y POSTCOSECHA PARA CONTROLAR LOS SÍNTOMAS DE DAÑO POR FRÍO Y PROLONGAR LA CONSERVACIÓN DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'.....	 269

Índice de Contenidos

V.4. OBJETIVO 4. ESTUDIO DE LA APARICIÓN DE PARDEAMIENTO DURANTE LA MANIPULACIÓN POSTCOSECHA DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'; FACTORES IMPLICADOS Y CONTROL DE DICHA ALTERACIÓN.....	270
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	271

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla III.1.1.2.1. Estados de madurez de frutos de caqui 'Rojo Brillante' caracterizados en dos campañas consecutivas y condiciones de desastringencia y comercialización aplicadas.....	50
Tabla III.1.2.3.1. Ensayo realizado para conocer la eficacia del tratamiento de desastringencia durante la conservación a 15°C de frutos de caqui 'Rojo Brillante'.....	56
Tabla III.1.3.1.1. Atmosferas controladas ensayadas durante la conservación a 15°C de frutos de caqui 'Rojo Brillante'.....	58
Tabla III.1.3.2.1. Tratamiento de 1-MCP y condiciones de conservación y comercialización ensayadas para el estudio del efecto del 1-MCP en el control de los daños por frío de caqui 'Rojo Brillante'.....	60
Tabla III.1.3.3.1. Tratamientos precosecha y postcosecha ensayados para conocer su efecto durante la conservación a 1°C de frutos de caqui 'Rojo Brillante'.....	62
Tabla IV.1.1.1. Actividad de las enzimas Pectinmetilesterasa (PME) y Poligalacturonasa (PG) en diferentes Estados de Madurez de caqui 'Rojo Brillante' tras la aplicación del tratamiento desastringencia (95%CO ₂ , 20°C, 24h) más 3 días a 20°C.....	91
Tabla IV.2.1.1. Características en recolección de distintos estados de madurez (MII, MIII, MIV).....	109
Tabla IV.2.2.1. Características en recolección de distintos estados de madurez (MII, MIII, MIV).....	122
Tabla IV.2.3.1. Efecto del momento de aplicación del tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h), previa (T1, TD+C) o posteriormente (T2, C+TD) a diferentes periodos de conservación a 15°C, sobre la evaluación sensorial de la astringencia de caqui 'Rojo Brillante' tras un periodo de comercialización posterior de 5 días a 20°C.....	138

Tabla IV.3.1.1. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO ₂ + 90 %N ₂) y AT-2 (95-97% N ₂ + aire), sobre la Producción de Etileno (μL kg ⁻¹ h ⁻¹) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C.....	155
---	-----

Tabla IV.3.1.2. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO ₂ + 90 %N ₂) y AT-2 (95-97% N ₂ +aire), sobre el Índice de Taninos (1 a 5) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C.....	159
---	-----

Tabla IV.3.1.3. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO ₂ + 90 % N ₂) y AT-2 (95-97%N ₂ + aire), sobre la Evaluación Sensorial de la Astringencia (1-no astringente a 4-muy astringente) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C.....	165
---	-----

Tabla IV.3.1.4. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO ₂ + 90%N ₂) y AT-2 (95-97%N ₂ + aire), sobre el pH de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95%CO ₂ , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C.....	169
--	-----

Tabla IV.3.1.5. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO ₂ + 90% N ₂) y AT-2 (95-97% N ₂ + aire), sobre el Contenido de Sólidos Solubles Totales (°Brix) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C.....	170
---	-----

Tabla IV.3.2.1. Contenido de Sólidos Solubles Totales de caqui 'Rojo Brillante', tratado o no con 1-MCP (500 nL L ⁻¹), tras diferentes periodos de conservación a 1°C y posterior tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C.....	177
--	-----

Tabla IV.3.3.1. Características en recolección de caqui 'Rojo Brillante' tratado en precosecha con GA ₃ o Nitrato Cálculo.....	187
--	-----

Tabla IV.3.3.2. Efecto del tratamiento precosecha con GA ₃ o Nitrato Cálculo, solo o en combinación con el tratamiento postcosecha con 1-MCP, sobre la producción de AcH (mg/100mL) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C más el posterior tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) y comercialización de 5 días a 20°C.....	202
--	-----

Tabla IV.3.3.3. Efecto del tratamiento precosecha con GA ₃ o Nitrato Cálculo, solo o en combinación con el tratamiento postcosecha con 1-MCP, sobre la producción de AcH (mg/100mL) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 1°C más el posterior tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) y comercialización de 5 días a 20°C.	202
--	-----

Tabla IV.3.3.4. Efecto del tratamiento precosecha con GA ₃ o Nitrato Cálculo, solo o en combinación con el tratamiento postcosecha con 1-MCP, sobre la Evaluación Sensorial de la Astringencia de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C más el posterior tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) y comercialización de 5 días a 20°C.....	203
---	-----

Tabla IV.3.3.5. Efecto del tratamiento precosecha con GA ₃ o Nitrato Cálculo, solo o en combinación con el tratamiento postcosecha con 1-MCP, sobre la Evaluación Sensorial de la Astringencia de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 1°C más el posterior tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) y comercialización de 5 días a 20°C.....	203
--	-----

Tabla IV.3.5.1. Efecto de la aplicación de diferentes tratamientos de Curado, temperatura (°C) y duración (h), sobre la Pérdida de Peso (% p.i.) de caqui 'Rojo Brillante', tras 30 días de conservación a 1°C más el posterior tratamiento de desastringencia (95%CO ₂ , 20°C, 24h) y comercialización de 5 días a 20°C.....	234
---	-----

Tabla IV.3.5.2. Contenido de Taninos Solubles (% p.f.) de frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos a tratamientos de Curado (temperatura (°C) y duración (h)) y conservados 20 ó 30 días a 1°C, tras la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO ₂ , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C.....	236
--	-----

Índice de Tablas

Tabla IV.3.5.3. Producción de Acetaldehído (mg/100mL) de frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos a tratamientos de Curado (temperatura (°C) y duración (h)) y conservados 20 ó 30 días a 1°C, tras la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C..... 237

Tabla IV.3.5.4. Contenido de Sólidos Soluble Totales (% p.f.) de frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos a tratamientos de Curado (temperatura (°C) y duración (h)) y conservados 20 ó 30 días a 1°C, tras la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C..... 239

Tabla IV.4.1.1. Porcentaje de frutos de caqui 'Rojo Brillante' evaluados astringentes tras recibir el tratamiento de desastringencia a diferentes concentraciones de CO₂ (60%, 80% y 95%), ser conservados a 1°C (A) ó 15°C (B) y sometidos a paso por línea de confección, seguido de un periodo de manifestación de síntomas (MS) (7 días a 1°C/15°C + 3 días a 20°C) ... 252

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1.1. Evolución de la superficie dedicada al cultivo de caqui en la Ribera del Xúquer.	7
Figura I.1.2. Evolución del porcentaje de caqui 'Rojo Brillante' comercializada como 'Kaki Persimon' y como 'Kaki Classic'.....	9
Figura I.1.3. Evolución del destino de comercialización del caqui 'Rojo Brillante'..	11
Figura I.2.1. Patrón de respiración y producción de etileno de frutos climatéricos y no climatéricos.	14
Figura I.2.2. Efecto de la adición o eliminación de etileno de la atmósfera que rodea al tejido, el cual responde con un feedback positivo (el etileno promueve su propia síntesis) o negativo (el etileno inhibe su propia síntesis)	18
Figura I.2.3. Esquema simplificado de la respiración vía glicólisis y el ciclo de los ácidos tricarboxílicos (TCA)	21
Figura I.2.4. Representación esquemática de los efectos de la concentración de O ₂ y CO ₂ en las tasas de respiración aerobia y anaerobia en vegetales frescos.....	26
Figura I.2.5. Representación esquemática de los efectos de la concentración de CO ₂ en las tasas de respiración aerobia (consumo de O ₂) y anaerobia (producción de acetaldehído y etanol) en vegetales frescos.....	26
Figura III.1.2.1.1. Ensayo realizado con la finalidad de caracterizar el proceso de desastringencia de frutos de caqui 'Rojo Brillante' en función del estado de madurez.....	52
Figura III.1.2.2.1. Ensayo realizado con la finalidad de estudiar la efectividad de distintas duraciones del proceso de desastringencia, basado en concentraciones de CO ₂ del 95%, en función del estado de madurez de frutos de caqui 'Rojo Brillante'.....	54

Índice de Figuras

Figura III.1.3.4.1. Ensayo realizado para conocer el efecto de tratamientos de agua caliente en la conservación frigorífica de caqui 'Rojo Brillante'	64
Figura III.1.3.5.1. Ensayo realizado para conocer el efecto de tratamientos de curado en la conservación frigorífica de caqui 'Rojo Brillante'	66
Figura III.1.4.1.1. Ensayo realizado para estudiar el efecto de la línea de confección (L) y condiciones del tratamiento de desastringencia en el pardeamiento de caqui 'Rojo Brillante'	68
Figura III.4.2.1.1. Ensayo realizado para estudiar el efecto del atemperado previo a la confección en el pardeamiento de caqui 'Rojo Brillante'	70
Figura III.1.4.3.1. Ensayo realizado para estudiar el efecto del momento de paso por línea de confección en el pardeamiento de caqui 'Rojo Brillante'	72
Figura IV.1.1.1. Índice de color externo (1000a/Lb) de caqui 'Rojo Brillante' en diferentes Estados de Madurez, inmediatamente tras la cosecha y tras la posterior aplicación del tratamiento desastringencia (TD) (95%CO ₂ , 20°C, 24h) más 3 días a 20°C	89
Figura IV.1.1.2. Firmeza (N) de caqui 'Rojo Brillante' en diferentes Estados de Madurez, inmediatamente tras la cosecha y tras la posterior aplicación del tratamiento desastringencia (TD) (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más 3 días a 20°C	90
Figura IV.1.1.3. Producción de etileno (μL kg ⁻¹ h ⁻¹) de caqui 'Rojo Brillante' en diferentes Estados de Madurez, inmediatamente tras la cosecha y tras la posterior aplicación del tratamiento desastringencia (TD) (95%CO ₂ , 20°C, 24h) más 3 días a 20°C. (Figura insertada en esquina superior derecha se corresponde con los valores de producción de etileno tras cosecha. Imagen ampliada.)	93
Figura IV.1.1.4. Producción de CO ₂ (mL kg ⁻¹ h ⁻¹) de caqui 'Rojo Brillante' en diferentes Estados de Madurez, inmediatamente tras la cosecha y tras la posterior aplicación del tratamiento desastringencia (TD) (95%CO ₂ , 20°C, 24h) más 3 días a 20°C	94

Figura IV.1.1.5. Contenido de Taninos Solubles (% p.f.) de caqui 'Rojo Brillante' en diferentes Estados de Madurez, inmediatamente tras la cosecha y tras la posterior aplicación del tratamiento desastringencia (TD) (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más 3 días a 20°C.....	95
Figura IV.1.1.6. Producción de Acetaldehído (A) y Etanol (B) (mg/100mL) de caqui 'Rojo Brillante' en diferentes Estados de Madurez, inmediatamente tras la cosecha y tras la posterior aplicación del tratamiento desastringencia (TD) (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más 3 días a 20°C.....	97
Figura IV.1.1.7. Contenido de Sólidos Solubles Totales (°Brix) (A) y pH (B) de caqui 'Rojo Brillante' en diferentes Estados de Madurez, inmediatamente tras la cosecha y tras la posterior aplicación del tratamiento desastringencia (TD) (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más 3 días a 20°C.	99
Figura IV.2.1.1. Evaluación sensorial de la astringencia de frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados en Estado de Madurez MII, MIII y MV tras ser sometidos a diferentes tratamientos de desastringencia (TD) (% CO ₂ - Tª) durante 24h.	112
Figura IV.2.1.2. Evolución de la Producción de Acetaldehído (A) y Etanol (B) (mg/100mL) de frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados en Estado de Madurez M II, M III y MV tras ser sometidos a diferentes tratamientos de desastringencia (TD) (% CO ₂ - Tª) durante 24h.....	115
Figura IV.2.1.3. Evolución del contenido de Taninos Solubles (A) y del Índice de Taninos (B) de frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados en Estado de Madurez M II, M III y MV tras ser sometidos a diferentes tratamientos de desastringencia (TD) (% CO ₂ - Tª) durante 24h.	117
Figura IV.2.2.1. Evaluación sensorial de la astringencia de frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados en Estado de Madurez M II, M III y MV tras ser sometidos a tratamientos de desastringencia de 12h, 18h y 24h al 95% de CO ₂ , 20°C	125
Figura IV.2.2.2. Evolución de la Producción de Acetaldehído (A) y Etanol (B) (mg/100mL) de frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados en Estado de Madurez M II, M III y MV tras ser sometidos a tratamientos de desastringencia (TD) de 12h, 18h y 24h al 95% de CO ₂ , 20°C	127

Figura IV.2.2.3. Evolución del contenido de Taninos Solubles (A) e Índice de Taninos (B) de frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados en Estado de Madurez M II, M III y MV tras ser sometidos a tratamientos de desastringencia (TD) de 12h, 18h y 24h al 95% de CO ₂ , 20°C.	130
---	-----

Figura IV.2.3.1. Efecto sobre la Firmeza (N) e Índice de Color externo (1000a/ Lb) de caqui 'Rojo Brillante' del momento de aplicación del tratamiento de desastringencia (TD) (95%CO ₂ , 20°C, 24h), previa (T1, TD+C) o posteriormente (T2, C+TD) a diferentes periodos de conservación a 15°C (A, C) y posterior comercialización de 5 días a 20°C (B,D).....	134
--	-----

Figura IV.2.3.2. Efecto sobre el Índice de Taninos , contenido de Taninos Solubles y producción de Acetaldehído de caqui 'Rojo Brillante' del momento de aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO ₂ , 20°C, 24h), previa (T1, TD+C) o posteriormente (T2, C+TD) a diferentes periodos de conservación a 15°C (A,C,E) y posterior comercialización de 5 días a 20°C (B,D,F).	137
--	-----

Figura IV.3.1.1. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO ₂ + 90 %N ₂) y AT-2 (95-97% N ₂ + aire), sobre la Firmeza (N) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C (A) y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C (B).	150
---	-----

Figura IV.3.1. 2. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO ₂ + 90% N ₂) y AT-2 (95-97% N ₂ + aire), sobre el Índice de Color (1000a/Lb) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C (A) y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C (B).	152
---	-----

Figura IV.3.1.3. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO ₂ + 90 %N ₂) y AT-2 (95-97% N ₂ + aire), sobre la Producción de CO ₂ (mL kg ⁻¹ h ⁻¹) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 1°C y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C.....	154
--	-----

Figura IV.3.1.4. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO ₂ + 90 %N ₂) y AT-2 (95-97% N ₂ + aire), sobre el contenido de Taninos Solubles (% peso fresco) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C (A) y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C (B).	158
Figura IV.3.1.5. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO ₂ + 90% N ₂) y AT-2 (95-97% N ₂ + aire), sobre el Contenido de Acetaldehído (mg/100mL) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C (A) y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C. (B).	163
Figura IV.3.1.6. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO ₂ + 90 %N ₂) y AT-2 (95-97% N ₂ + aire), sobre el Contenido de Etanol (mg/100mL) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C (A) y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C. (B).	164
Figura IV.3.2.1. . Efecto del 1-MCP (500 nL L ⁻¹), sobre la Firmeza (N) y la Coloración externa (1000a/Lb) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 1°C (A, C) y posterior tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C (B, D).....	173
Figura IV.3.2.2. Efecto del 1-MCP (500 nL L ⁻¹), sobre el contenido de Taninos Solubles (% p.f.), producción de Acetaldehído y Etanol (mg/100mL), de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 1°C (A, C, D) y posterior tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C (B, D, F)	175
Figura IV.3.2.3. Efecto del 1-MCP (500 nL L ⁻¹), sobre la producción de CO ₂ (mL kg ⁻¹ h ⁻¹) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 1°C más posterior tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) y comercialización de 5 días a 20°C.....	177

Índice de Figuras

Figura IV.3.3.1. Efecto del tratamiento precosecha con GA ₃ o Nitrato Cálcico, solo o en combinación con el tratamiento postcosecha con 1-MCP, sobre la Firmeza (N) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C (A) y posterior tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C (B).	189
Figura IV.3.3.2. Efecto del tratamiento precosecha con GA ₃ o Nitrato Cálcico, solo o en combinación con el tratamiento postcosecha con 1-MCP, sobre la Firmeza (N) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 1°C (A) y posterior tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C (B).	192
Figura IV.3.3.3. Efecto del tratamiento precosecha con GA ₃ o Nitrato Cálcico, solo o en combinación con el tratamiento postcosecha con 1-MCP, sobre el color externo (1000a/Lb) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C (A) y posterior tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C (B).	195
Figura IV.3.3.4. Efecto del tratamiento precosecha con GA ₃ o Nitrato Cálcico, solo o en combinación con el tratamiento postcosecha con 1-MCP, sobre el color externo (1000a/Lb) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 1°C (A) y posterior tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C (B).	197
Figura IV.3.3.5. Efecto del tratamiento precosecha con GA ₃ o Nitrato Cálcico, solo o en combinación con el tratamiento postcosecha con 1-MCP, sobre el contenido de Taninos Solubles (%) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C más el posterior tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) y comercialización de 5 días a 20°C.	201
Figura IV.3.4.1. Efecto de la aplicación tratamientos de Agua Caliente, temperatura (°C) y duración (min), sobre la Firmeza (N) de caqui 'Rojo Brillante' recolectado en diferentes momentos de la campaña, tras 32 días de almacenamiento a 1°C más la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO ₂ , 20°C, 24h) y comercialización de 4 días a 20°C.	219

Figura IV.3.4.2. Incidencia (% frutos afectados) de Bronceado alrededor del cáliz de caqui 'Rojo Brillante' recolectado a principio de campaña, tras la aplicación del tratamiento de Agua Caliente a 55°C durante 2.5, 5, 10, 20 y 30 min.....	220
Figura IV.3.4.3. Efecto de la aplicación tratamientos de Agua Caliente, temperatura (°C) y duración (min), sobre el Índice de Color (1000a/Lb) de caqui 'Rojo Brillante' recolectado a principio de campaña, tras 32 días de almacenamiento a 1°C más la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO ₂ , 20°C, 24h) y comercialización de 4 días a 20°C.	220
Figura IV.3.4.4. Incidencia (% frutos afectados) y Severidad (desde ausencia a severo) de Agrietamiento de la Piel de caqui 'Rojo Brillante' recolectado a mitad y final de campaña, tras la aplicación de tratamientos de Agua Caliente, temperatura (°C) y duración (min).	221
Figura IV.3.4.5. Incidencia (% frutos afectados) y Severidad (desde ausencia a severo) de Pardeamiento de la Piel de caqui 'Rojo Brillante' recolectado a final de campaña, tras la aplicación de tratamientos de Agua Caliente, temperatura (°C) y duración (min)	222
Figura IV.3.5.1. Efecto de la aplicación de diferentes tratamientos de Curado, temperatura (°C) y duración (h), sobre la Firmeza (N) de caqui 'Rojo Brillante', tras 20 y 30 días de almacenamiento a 1°C (A, C) y tras el posterior tratamiento de desastringencia (95%CO ₂ , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C (B, D).	226
Figura IV.3.5.2. Incidencia (% frutos afectados) de Agrietamiento de la Piel en frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos a tratamientos de Curado (temperatura (°C) y duración (h)), conservados 20 (A) y 30 (B) días a 1°C más la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO ₂ , 20°C, 24h) y comercialización de 5 días a 20°C.	229
Figura IV.3.5.3. Efecto de la aplicación de diferentes tratamientos de Curado, temperatura (°C) y duración (h), sobre el Índice de Color (1000a/Lb) de caqui 'Rojo Brillante', tras 20 (A) y 30 (B) días de almacenamiento a 1°C más el posterior tratamiento de desastringencia (95%CO ₂ , 20°C, 24h) y comercialización de 5 días a 20°C.	233

Figura IV.4.1.1. Incidencia de Pardeamiento Externo en frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos al tratamiento de desastringencia a diferentes concentraciones de CO ₂ (60%, 80% y 95%), conservados a 1°C (A) ó 15°C (B) y sometidos al paso por línea de confección (L) o no, seguido de un periodo de manifestación de síntomas (MS) (7 días a 1°C/15°C + 3 días a 20°C).	246
--	-----

Figura IV.4.1. 2. Incidencia de Pardeamiento Interno en frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos al tratamiento de desastringencia a diferentes concentraciones de CO ₂ (60%, 80% y 95%), conservados a 1°C (A) ó 15°C (B) y sometidos al paso por línea de confección (L) o no, seguido de un periodo de manifestación de síntomas (MS) (7 días a 1°C/15°C + 3 días a 20°C).	247
---	-----

Figura IV.4.1.3. Firmeza (N) de frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos al tratamiento de desastringencia a diferentes concentraciones de CO ₂ (60%, 80% y 95%), conservados durante 18 días a 1°C (A) ó 15°C (B) y sometidos al paso por línea de confección o no (según leyenda), seguido de un periodo de manifestación de síntomas (MS) (7 días a 1°C/15°C + 3 días a 20°C).	250
---	-----

Figura IV.4.1.4. Índice de color externo (1000a/Lb) de frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos al tratamiento de desastringencia a diferentes concentraciones de CO ₂ (60%, 80% y 95%), conservados a 1°C (A) ó 15°C (B) y sometidos al paso por línea de confección o no (según leyenda), seguido de un periodo de manifestación de síntomas (MS) (7 días a 1°C/15°C + 3 días a 20°C).	251
--	-----

Figura IV.4.2.1. Incidencia (%) de pardeamiento interno en frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos al tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C ,24h), seguido de un atemperado (2h, 12h, 24h a 15°C) previo al paso por línea de confección más un periodo posterior de 7 días a 15°C más 3 días a 20°C. Fruta control no fue sometida a paso por línea de confección.	255
--	-----

Figura IV.4.2.2. Efecto del atemperado (2h, 12h, 24h a 15°C) entre el tratamiento de desastringencia (95%CO ₂ , 20°C, 24h) y el paso por línea de confección, en la Firmeza (A) e Índice de Color externo (B) de caqui 'Rojo Brillante' tras un periodo posterior de 7 días a 15°C más 3 días a 20°C. Fruta control no fue sometida a paso por línea de confección.	257
---	-----

Figura IV.4.3.1. Efecto del momento de paso por línea de confección (LC), antes o después del tratamiento de desastringencia (TD) y efecto de la temperatura de almacenamiento de 7 días entre LC y TD, sobre la Firmeza (N) e Índice de Color externo (1000a/Lb) de frutos de caqui 'Rojo Brillante'. Medidas realizadas tras simulación de la comercialización de 7 días a 20°C.....	261
---	-----

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía I.1.1. Detalle de frutos de caqui 'Rojo Brillante' en el árbol.....	5
Fotografía I.1.2. Cartel anunciador campaña 1997.....	9
Fotografía I.1.3. Folleto campaña 2000: "Dos formas de disfrutar el kaki".....	10
Fotografía III.2.1. Escala de índice de Taninos (Testoni et al., 1988)	76
Fotografía III.2.2. Escala utilizada para evaluar la intensidad de pardeamiento interno en frutos de caqui 'Rojo Brillante', desde 0-ausencia de pardeamiento hasta 5-intensamente pardeado.....	80
Fotografía IV.1.1.1. Aspecto externo de frutos de caqui 'Rojo Brillante' en los seis diferentes Estados de Madurez comercial caracterizados.....	88
Fotografía IV.1.1.2. Estructura de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' en Estado de Madurez MI y MII, inmediatamente tras la cosecha (MI, A y C) (MII,E) y tras la posterior aplicación del tratamiento desastringencia (TD) (95%CO ₂ , 20°C, 24h) más 3 días a 20°C (MI, B y D) (MII, F).	103
Fotografía IV.1.1.3. Estructura de la pulpa de caqui ' Rojo Brillante' en estado de Madurez MIV, inmediatamente tras la recolección (MIV, A y C) y tras la posterior aplicación del tratamiento desastringencia (TD) (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más 3 días a 20°C (MIV, B y D)	104
Fotografía IV.1.1.4. Estructura de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' en estado de madurez MV y MVI, inmediatamente tras la recolección (MV, A y E) (MVI, C y G) y tras la posterior aplicación del tratamiento desastringencia (TD) (95%CO ₂ , 20°C, 24h) más 3 días a 20°C (MV, B y F) (MVI, D y H)	105
Fotografía IV.2.1.1. Evolución del Índice de Taninos de frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados en Estado de Madurez M II tras ser sometidos a diferentes tratamientos de desastringencia (% CO ₂ - Tª) durante 24h.....	118

Fotografía IV.2.3.1. Estructura por Cryo-SEM de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' almacenado a 15°C durante 10 (A,B), 20 (C,D), 30 (E,F) y 40 (G,H) días sin tratamiento previo de desastringencia (T2)	142
Fotografía IV.2.3.2. Estructura por Cryo-SEM de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' almacenado a 15°C durante 10 (A, B), 20 (C, D), 30 (E, F) y 40 (G, H) días tras la posteriormente aplicación del tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más un periodo de comercialización de 5 días a 20°C (T2).....	143
Fotografía IV.2.3.3. Estructura por SEM de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' almacenado a 15°C durante 20 (A, B) y 30 (C, D) días tras la posteriormente aplicación del tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más un periodo de comercialización de 5 días a 20°C (T2)	144
Fotografía IV.2.3.4. Estructura por SEM de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' sometido al tratamiento de desastringencia (95%CO ₂ , 20°C, 24h) y posteriormente almacenado a 15°C durante 20 (A, B) y 30 (C, D) días más un periodo de comercialización de 5 días a 20°C (T1).	145
Fotografía IV.3.1.1. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO ₂ + 90 %N ₂) y AT-2 (95-97% N ₂ + aire), sobre el Índice de Taninos (1 a 5) de caqui 'Rojo Brillante' tras 30 días de conservación a 15°C y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95%CO ₂ , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C.....	160
Fotografía IV.3.2.1. Estructura por SEM de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' almacenado a 1°C durante 10, 20 y 30 días: fruta control (1A, 1B, 1C, respectivamente), y fruta tratada con 1-MCP (1D, 1E y 2F, respectivamente)	181
Fotografía IV.3.2.2. Estructura por SEM de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' almacenado a 1°C durante 10 días más 5 días a 20°C: fruta control (2A, 2B, 2C), y fruta tratada con 1-MCP (2D, 2E y 2F).....	182
Fotografía IV.3.2.3. Estructura por SEM de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' almacenado a 1°C durante 20 días más 5 días a 20°C: fruta control (3A, 3B, 3C), y fruta tratada con 1-MCP (3D, 3E y 3F)	183

Índice de Fotografías

Fotografía IV.3.2.4. Estructura por SEM de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' almacenado a 1°C durante 30 días más 5 días a 20°C: fruta control (4A, 4B, 4C), y fruta tratada con 1-MCP (4D, 4E y 4F).....	184
Fotografía IV.3.3.1. Aspecto interno de frutos de caqui 'Rojo Brillante' tratados en precosecha con GA ₃ o Nitrato Cálculo, solo o en combinación con el tratamiento postcosecha con 1-MCP, tras 50 días de conservación a 1°C y posterior tratamiento de desastringencia (95% CO ₂ , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C	193
Fotografía IV.3.4.1. Aspecto interno de frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados a principio de campaña, sometidos a Tratamientos de Agua Caliente, temperatura (°C) y duración (min), y almacenados durante 32 días a 1°C más la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO ₂ ,20°C, 24h) y comercialización de 4 días a 20°	210
Fotografía IV.3.4.2. Detalle de bronceado externo y pardeamiento interno de frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados a principio de la campaña y sometidos a Tratamientos de Agua Caliente a 55°C durante 20 min, tras 32 días de almacenamiento a 1°C más la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO ₂ ,20°C, 24h) y comercialización de 4 días a 20°C.....	210
Fotografía IV.3.4.3. Agrietamiento de la piel presentado por frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados a mitad de la campaña y sometidos a Tratamientos de Agua Caliente...	212
Fotografía IV.3.4.4. Aspecto interno de frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados a mitad de campaña, sometidos a Tratamientos de Agua Caliente, temperatura (°C) y duración (min), y almacenados durante 32 días a 1°C más la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO ₂ ,20°C, 24h) y comercialización de 4 días a 20°C.....	212
Fotografía IV.3.4.5. Detalle del apelmazamiento de la zona superficial de la pulpa presentado por frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados a mitad de la campaña y sometidos a Tratamientos de Agua Caliente (45, 50, 55°C) por tiempos superiores a 10min...	213
Fotografía IV.3.4.6. Agrietamiento de la piel presentado por frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados a final de campaña unos minutos después de ser sometidos a Tratamientos de Agua Caliente (45, 50, 55°C – 2.5 a 40min).....	215

Fotografía IV.3.4.7. Aspecto interno de frutos caqui 'Rojo Brillante' recolectados a final de la campaña, sometidos a Tratamientos de Agua Caliente, temperatura (°C) y duración (min), y almacenados durante 32 días a 1°C más la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) y comercialización de 4 días a 20°C..... 216

Fotografía IV.3.4.8. Pardeamiento externo presentado por frutos caqui 'Rojo Brillante' recolectados a final de la campaña, sometidos a Tratamientos de Agua Caliente (50, 55°C – 2.5 a 40min), y almacenados durante 32 días a 1°C más la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) y comercialización de 4 días a 20°C..... 216

Fotografía IV.3.5.1. Agrietamiento de la piel presentado por frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos a Tratamientos de Agua Curado, 35, 40, 45°C- 12 a 48h, almacenados 20 días 1°C más la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) y comercialización de 5 días a 20°C..... 230

Fotografía IV.3.5.2. Aspecto interno de frutos de frutos caqui 'Rojo Brillante' sometidos a Tratamientos de Curado, temperatura (°C) y duración (h), almacenados 20 días a 1°C más la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) y comercialización de 5 días a 20°C..... 231

Fotografía IV.4.1.1. Aspecto externo de frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos al tratamiento de desastringencia a concentraciones de CO₂ del 80%, conservados durante 18 días a 1°C y sometidos al paso por línea de confección o no (según leyenda), seguido de un periodo de manifestación de síntomas (MS) (7 días a 1°C + 3 días a 20°C) 248

Fotografía IV.4.1.2. Aspecto interno de frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos al tratamiento de desastringencia a concentraciones de CO₂ del 60% y 80%, conservados durante 3 ó 18 días a 1°C y sometidos al paso por línea de confección o no (según leyenda), seguido de un periodo de manifestación de síntomas (MS) (7 días a 1°C + 3 días a 20°C)..... 249

Fotografía IV.4.2.1. Pardeamiento interno de frutos de caqui 'Rojo Brillante' atemperados 2h, 12h, 24h a 15°C entre el tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) y el paso por línea de confección más un periodo posterior de 7 días a 15°C más 3 días a 20°C. Fruta control no fue sometida a paso por línea de confección..... 256

Índice de Fotografías

Fotografía IV.4.3.1. Síntoma de Pardeamiento Externo, manifestado como abrasión y rozaduras de la piel, presentado por frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos a paso por línea de confección previamente a recibir el tratamiento de desastringencia (95%CO ₂ , 20°C, 24h)	262
Fotografía IV.4.3.2. Aspecto interno presentado por frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos a la línea de confección antes (A) o después (B) del tratamiento de desastringencia (95%CO ₂ , 20°C, 24h).	262
Fotografía IV.4.3.3. Detalle del pardeamiento interno presentado por frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos al tratamiento de desastringencia (95%CO ₂ , 20°C, 24h) y posteriormente al paso por línea de confección.	263

I. INTRODUCCIÓN

I.1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA

El caqui (*Diospyros kaki* L.f), pertenece a la familia botánica *Ebanaceae*, género *Diospyros*. Este género, el cual comprende más de 2000 especies, es originario de Asia, concretamente de China, donde su cultivo empezó algunos siglos antes de Cristo, desde donde pasó a Japón (s. VII) y Corea (s. XIV) (Llácer y Badenes, 2002). La mayoría de estas especies son espontáneas de zonas tropicales y subtropicales y solo las pertenecientes a *Diospyros kaki* L. f., *Diospyros lotus* L. f, *Diospyros virginiana* L. f, se adaptan a vegetar en zonas templadas. A la especie *D. Kaki* pertenecen la mayoría de los cultivares aprovechables por sus frutos. *Diospyros lotus* L. f, *Diospyros virginiana* L. f tienen actualmente interés como portainjertos.

El cultivo del caqui en Europa, Brasil y Estados Unidos fue introducido en el s. XIX. La mayoría de las variedades de caqui que actualmente se están cultivando en el mundo, y concretamente en España, pertenecen a *Diospyros kaki* L. f. Gran parte proceden de Japón, donde el *Diospyros kaki* L. f, sufrió un notable proceso de mejora (Hernández, 1999).

Nuevos cultivares han surgido como mutaciones espontáneas, desarrollándose cultivares locales en todos los países donde el cultivo fue introducido. Por ejemplo, 'Kaki Tipo' en Italia, 'Rama Forte' en Brasil, 'Triumph' y 'Rojo Brillante' en España son cultivares desarrollados a partir de mutaciones espontáneas (Badenes et al., 2003).

Los frutos de caqui se pueden clasificar en dos grupos: no astringentes y astringentes. Los primeros son aquellos que pueden ser consumidos inmediatamente tras la recolección; los segundos, por el contrario, deben ser sometidos a procesos de sobremaduración o eliminación de la astringencia antes de ser consumidos. La astringencia de los frutos de caqui es causada por las procianidinas, también conocidas como taninos condensados. Las procianidinas son dímeros, oligómeros y polímeros de catequina unidos entre sí entre en el C4 y C8 (o C6), estas mediante la formación de complejos con proteínas presentes en la saliva provocan la sensación de astringencia al consumir el fruto (Bibi et al., 2007).

Dentro de los cultivares astringentes se encuentran 'Rojo Brillante', 'Kaki Tipo', 'Hachiya', 'Fuji', 'Triumph', 'Atago', 'Lycopersicon', 'Hiratanenashi', 'Tone-wase', 'Ishibashi-wase' y 'Giombo'.

Cultivares no astringentes son entre otros 'Fuyu', 'Hana Fuyu', 'Cal Fuyu', 'Suruga', 'Jiro', 'O'Gosho', 'Vaignilia', 'Maekawa-jiro', 'Matsumoto-wase-fuyu' e 'Izu'.

I. Introducción

Los frutos pueden formarse por vía partenocárpica o como consecuencia de la fecundación (formación de semillas). Sin embargo, en el mercado son preferidos frutos partenocárpicos a los frutos con semilla, ya que estos últimos contienen menos pulpa.

El mayor productor de caqui en el mundo es China (70% de la producción mundial en el año 2000), seguido a gran distancia por Japón y Korea. Dentro de los países no asiáticos, los países con tradición en plantaciones comerciales de caqui son Italia, Israel y Brasil; sin embargo recientemente España, Australia y Nueva Zelanda han empezado a producir caqui principalmente para su exportación. Estados Unidos está también produciendo caqui pero a pequeña escala (Badenes et al., 2003).

I.1.1. EL CAQUI EN ESPAÑA

Al igual que en el resto de países productores del área mediterránea, el caqui en España se difundió en un principio, finales del s. XIX, como árbol ornamental y también por la calidad de su madera. Como árbol frutal su cultivo se desarrollaba como árboles aislados, mezclado con otros frutales, en jardines o huertos familiares o en pequeñas plantaciones destinadas al consumo local.

En los últimos años, España es el país del área mediterránea que ha sido protagonista de la mayor y más rápida expansión de este cultivo.

La primera expansión importante tuvo lugar en Andalucía, en las zonas de mayor dinamismo para el ensayo de nuevos cultivos. Al principio de la década de los 90, varias empresas empezaron a extender el cultivo intensivo de la variedad 'Triumph', principal cultivar en Israel, que es vendida tras la eliminación de la astringencia con el nombre de 'Sharon' o 'Sharoni'. Casi simultáneamente tuvo lugar otra gran expansión muy importante en la provincia de Valencia, sobre todo en la Ribera del Xúquer, una comarca de gran tradición en el cultivo de cítricos y frutales de hueso (Llácer y Badenes, 2002).

I.1.2. EL CAQUI 'ROJO BRILLANTE' EN LA RIBERA DEL XÚQUER

Tradicionalmente el cultivo del caqui en la Ribera del Xúquer (Valencia), estaba basado en pequeñas plantaciones y árboles diseminados de variedades como 'Tomatero', 'Cuatrocantos', 'Picudo', 'Gordo' etc., que se utilizaban para el consumo propio o para la venta en mercados locales.

El cultivar 'Rojo Brillante' surgió en los años 50, debido a una mutación espontánea del cultivar 'Cristalino' después de producirse la siembra de semillas en el margen de una parcela del término municipal de Carlet (Badenes et al., 2002). Más tarde, alrededor de 1960, se injertó la primera plantación homogénea en el término municipal de L'Alcudia.

Dentro de la clasificación varietal descrita por Bellini (1982), el caqui 'Rojo Brillante' pertenece al grupo CFA (cultivar constante en la fecundación, astringente) pues en este se incluyen los frutos que no sufren ningún cambio en el color de la pulpa, permaneciendo constantemente clara, independientemente de que el fruto sea el resultado de procesos normales de fecundación o de fenómenos partenocárpicos.

La variedad 'Rojo brillante' es astringente, por lo tanto no es comestible en el momento de la recolección, y para ser consumidos los frutos es necesaria la aplicación de técnicas de reducción de la astringencia en postcosecha.

Esta variedad tiene un gran interés debido a que los árboles son muy productivos, con frutos grandes y atractivos de excelente calibre, color, buen sabor y aroma, sin presentar dificultad para la reducción de la astringencia (Foto.I.1.1). Sus necesidades son mínimas; es una variedad partenocárpica de fecundación constante, por lo que no tiene semillas, aunque si se produce polinización cruzada desde otras variedades próximas, se pueden originar semillas de tamaño medio.



Fotografía I.1.1. Detalle de frutos de caqui 'Rojo Brillante' en el árbol

I. Introducción

La Ribera del Xúquer sufrió en la década de los 90 una crisis en su producción de frutales de hueso motivada por el desarrollo de variedades tempranas de melocotón en Andalucía, unido al ataque del Gusano Cabezudo (*Capnodis tenebrionis*) al Albaricoque, y la Sharka en Albaricoque y Ciruelo. Esto hizo que el cultivo del caqui se presentase como una alternativa a otros frutales (Climent y Llácer, 2001). Fue entonces cuando las cooperativas aconsejaron el cultivo de la variedad 'Rojo brillante' ya que se perfilaba como la única posibilidad de desarrollar un mercado diferenciado y con expectativas de éxito en los países europeos.

Aunque es de origen subtropical, el caqui se adapta bien a una latitud de 40 grados (Hernández, 1999). Se adapta a todo tipo de suelos, aunque preferiblemente a los franco-arcillosos, profundos y ricos en materia orgánica. No tolera bien los encharcamientos o suelos demasiado húmedos. Resiste la sequía, aunque si esta se prolonga la producción se resiente. La Ribera del Xúquer, es una zona idónea para el desarrollo de este cultivo, pues es en ella se cumplen la mayoría de sus requerimientos (Arnal, 2001).

Junto a la crisis de los cultivos de hueso, la otra causa principal de expansión del 'Rojo Brillante' en la Ribera de Xúquer fue la introducción de técnicas de reducción de astringencia en postcosecha que permiten eliminar la astringencia sin detrimento de la firmeza (Arnal y Del Río, 2003). Las técnicas tradicionales de desastringencia se basaban en la sobremaduración de los frutos, dando como resultado frutos de textura blanda. La introducción de nueva tecnología postcosecha, basada en la aplicación de altas concentraciones de CO₂, ha permitido obtener un producto novedoso para el consumidor que ha tenido gran aceptación y que ofrece notables ventajas para la manipulación y el transporte a largas distancias, permitiendo ampliar el mercado exterior.

Todo esto ha llevado a que en esta comarca la producción de caqui haya aumentado de manera muy importante, cuadruplicándose en últimos 10 años la superficie cultivada (CRDO, 2007) (Fig. I.1.1).

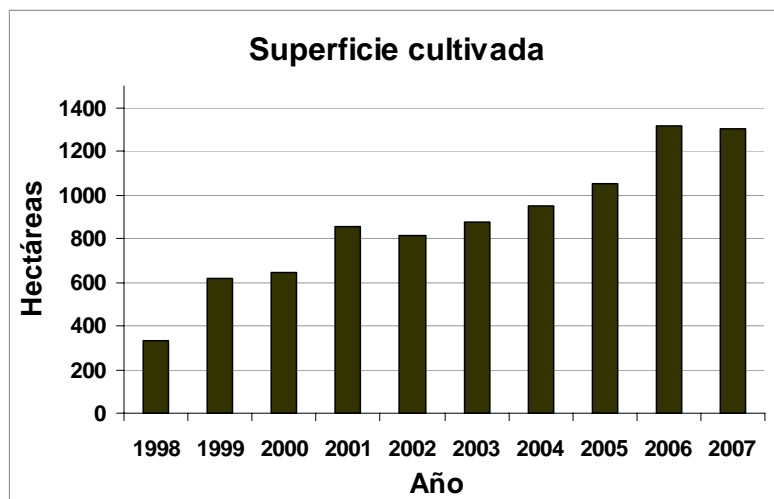


Figura I.1.1. Evolución de la superficie dedicada al cultivo de caqui en la Ribera del Xúquer. Fuente: CRDO 2007

Debido a esta gran expansión del caqui en la Ribera del Xúquer, se creó en 1996 el Consejo Regulador de la Denominación de Origen (CRDO) 'Kaki Ribera del Xúquer'.

La principal actividad de la denominación de origen del 'Kaki Ribera del Xúquer' es garantizar la calidad y procedencia del caqui 'Rojo brillante'. Para ello ha elaborado una serie de normas, según la Norma Europea EN-45011, a disposición de cualquier entidad que lo requiera; estas normas deben cumplirlas todos los asociados que confeccionen caqui bajo el sello de la denominación de origen.

Otra labor primordial del Consejo Regulador son las campañas de publicidad y promoción para impulsar el consumo y dar a conocer el caqui en sus formas de presentación.

En los últimos años la proporción de frutos comercializados a través del CRDO se ha incrementado considerablemente; el número de kilos comercializados asociados a la denominación de origen (DO) se ha duplicado desde el año 2000 al 2007.

I. Introducción

Como se ha mencionado anteriormente el cultivar 'Rojo brillante' es una variedad astringente, por ello antes de su comercialización y consumo, se debe eliminar su astringencia. Actualmente el fruto del caqui se comercializa de dos formas distintas ('Kaki Classic' o 'Kaki Persimon'), dependiendo de las técnicas utilizadas para la eliminación de su astringencia.

- 'Kaki Classic': es el caqui tradicional. Este nombre define a los frutos de caqui que después de perder la astringencia presentan una textura blanda. Se utilizan técnicas basadas en la sobremaduración de los frutos, bien mediante la aplicación de etileno, o bien dejando los frutos madurar naturalmente.
- 'Kaki Persimon': es un producto novedoso para el consumidor. Este nombre define a los frutos de caqui que mantienen una firmeza elevada después de ser sometidos a tratamientos de desastringencia. Actualmente estos tratamientos se basan en la aplicación de atmósferas anaerobias con altas concentraciones de CO₂.

Esta novedosa forma de consumo, que ofrece importantes ventajas de manipulación y comercialización, ha ido paulatinamente ganando terreno al tradicional 'Kaki Classic', ocupando en estos momentos la práctica totalidad del mercado. En la Figura I.1.2 se muestra la evolución de cada una de las formas de presentación. Esta evolución ha queda patente también en las campañas publicitarias, que en el año 1997 se centraban en el 'Kaki Classic' (Foto. I.1.2) mientras que en el año 2000 se presentaban ambas formas de consumo (Foto. I.1.3).

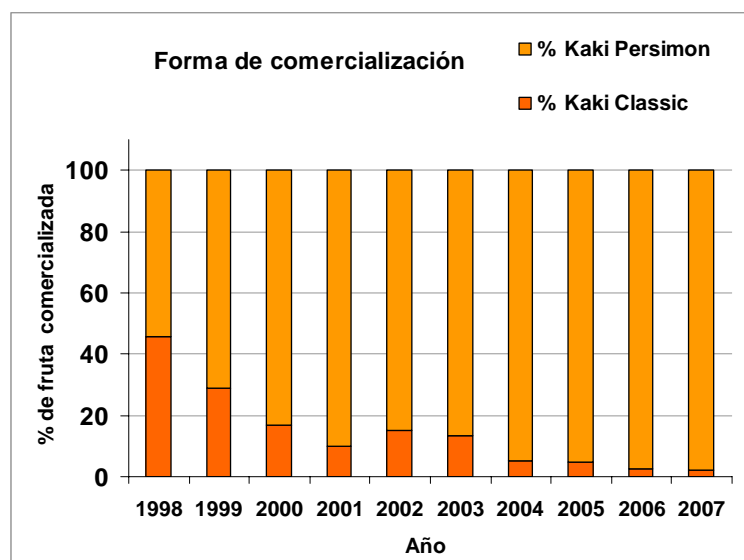
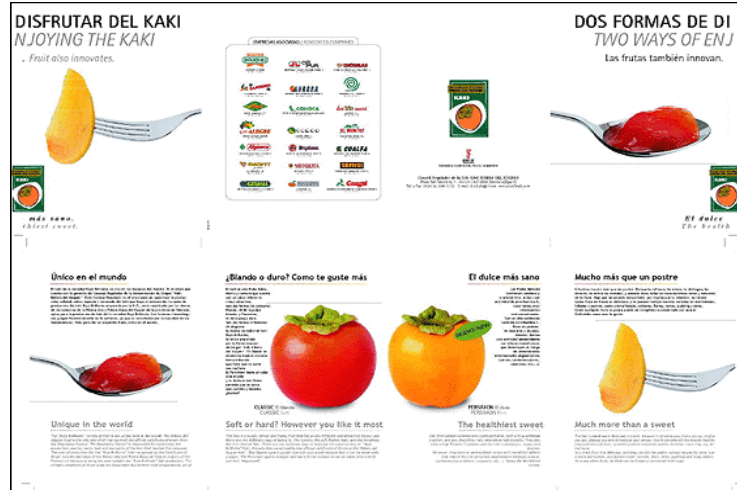


Figura I.1.2. Evolución del porcentaje de caqui 'Rojo Brillante' comercializada como 'Kaki Persimon' y como 'Kaki Classic'. Fuente: CRDO 2007



Fotografía I.1.2. Cartel anunciador campaña 1997.
(Fuente D.O. Kaki Ribera del Xúquer)

I. Introducción



Fotografía I.1.3. Folleto campaña 2000: “Dos formas de disfrutar el kaki”.
(Fuente D.O. Kaki Ribera del Xúquer)

Las facilidades de manipulación postcosecha que representan las elevadas firmezas del “Kaki Persimon” y el gran impulso que la creación del consejo regulador de la denominación de origen ha supuesto para este cultivo han permitido que el mercado exterior se ampliara de manera importante en los últimos años, siendo países de la unión europea los principales destinos de exportación, especialmente Francia, Alemania y Holanda (Fig. I.1.3).

Con la creación de la denominación de origen se pretende velar por una mejora continua de la situación del caqui ‘Rojo brillante’. Así, debido al incremento en la producción, es importante abrir nuevos mercados, mejorar las técnicas de conservación y prolongar el almacenamiento, con el fin de dar un abastecimiento paulatino al mercado, alargar la campaña comercial y ofrecer un producto de calidad óptima que satisfaga las expectativas del consumidor.

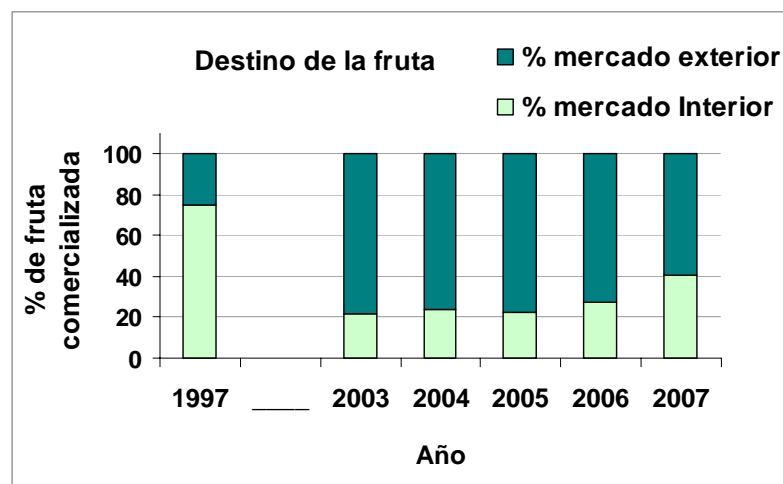


Figura I.1.3. Evolución del destino de comercialización del caqui 'Rojo Brillante'.
(Fuente: CRDO 2007)

I.2. FISIOLÓGÍA POSTCOSECHA

I.2.1. MADURACIÓN

El fruto pasa a lo largo de su vida por una serie de etapas, caracterizadas por una secuencia de continuos cambios metabólicos. Así, después de la polinización y cuajado, la vida de las frutas puede dividirse en tres etapas fisiológicas fundamentales: crecimiento, maduración y senescencia, sin que sea fácil establecer cuando acaba una y empieza la otra.

La etapa más importante y compleja en el desarrollo de la fruta, el proceso de maduración, puede dividirse, a su vez, en dos fases: la fase de maduración fisiológica y la maduración organoléptica. De hecho, en la literatura especializada de habla inglesa se distingue entre ambas, denominando dichos procesos como “maturation” y “ripening” respectivamente (Kader, 2002a). La primera suele iniciarse antes de que termine el crecimiento celular y finaliza, más o menos, cuando el fruto tiene las semillas en disposición de producir nuevas plantas. El crecimiento y maduración fisiológica solo se completan adecuadamente en el árbol.

La maduración organoléptica hace referencia al proceso por el cual las frutas adquieren las características sensoriales que las definen como comestibles. Por lo tanto, se trata de un proceso que transforma un tejido fisiológicamente maduro pero no comestible en otro visual, olfatorio y gustativamente atractivo (Kader, 2002a). Aunque el resultado generalmente difiere significativamente, la maduración organoléptica se puede completar tanto en el árbol como una vez la fruta ya se ha recolectado. En general, esta etapa es un proceso que comienza durante los últimos días de maduración fisiológica y que irreversiblemente conduce a la senescencia del fruto.

Durante dicho proceso tienen lugar una serie de cambios físicos, bioquímicos y fisiológicos determinantes de la calidad y vida postcosecha del fruto. Entre los más importantes podemos citar: cambio del color, sabor, olor, textura; cambios en la composición de proteínas, carbohidratos y en la producción de aromas así como cambios en los ácidos orgánicos y en los polifenoles.

Una consideración especial merecen los cambios relacionados a la actividad respiratoria y producción de etileno que se tratarán más adelante y que permiten distinguir entre frutos climatéricos y no climatéricos.

La senescencia por último podemos definirla como una fase en la que los procesos anabólicos (sintéticos) dan paso a los catabólicos (degradativos) conduciendo al envejecimiento y, finalmente, a la muerte del tejido.

1.2.1. 1. Frutos climatéricos y no climatéricos

La producción de etileno y la respiración de un fruto son dos variables fisiológicas de su actividad metabólica. En ciertos frutos, estas variables presentan valores muy bajos cuando se encuentran inmaduros o en estado verde, pero a medida que maduran, se elevan bruscamente hasta alcanzar un máximo.

Este pico se llama máximo climatérico y los frutos que presentan este comportamiento se denominan frutos climatéricos (caqui, melocotones, tomates, manzanas, bananas, etc.). Otros frutos, por el contrario, no presentan esta pauta respiratoria, siendo denominados no climatéricos (naranjas, limón, pimiento, etc.).

Todos los frutos producen pequeñas cantidades de etileno a lo largo de su desarrollo, sin embargo, durante la maduración organoléptica los frutos climatéricos lo producen en cantidades mucho más elevadas que los no climatéricos. De esta manera, las concentraciones de etileno varían ampliamente en los frutos climatéricos, pero no en los frutos no climatéricos en los que apenas se diferencian las tasas reinantes durante el desarrollo y las alcanzadas a lo largo de la maduración organoléptica (Fig. 1.2.1) (Kader, 2002a)

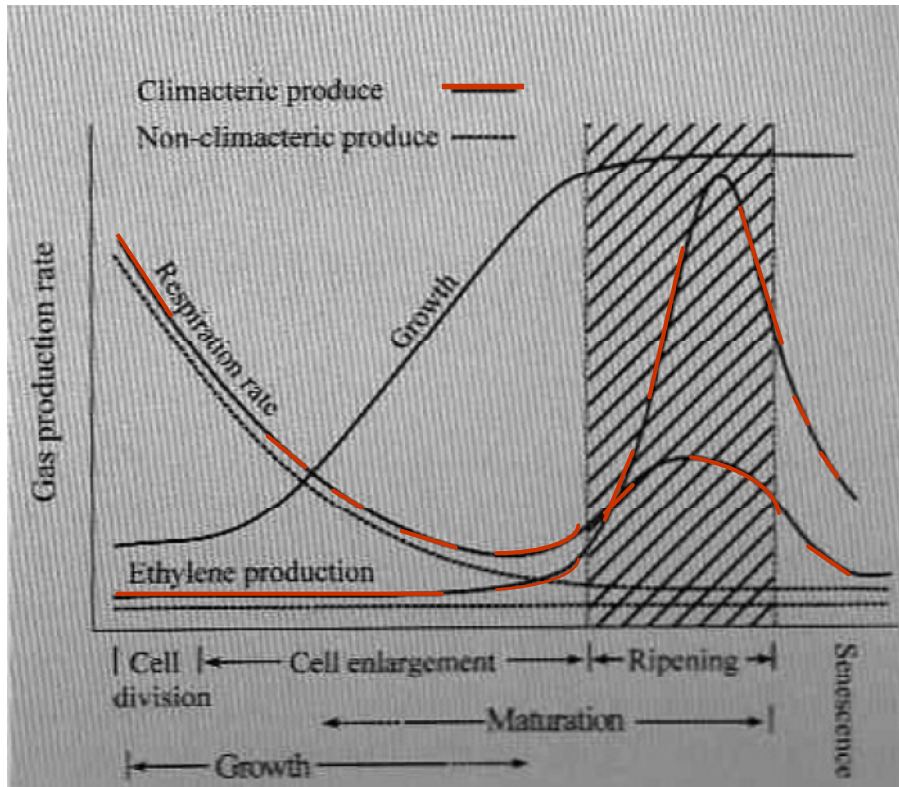


Figura 1.2.1. Patrón de respiración y producción de etileno de frutos climatéricos y no climatéricos (Modificado de Kader, 2002a)

1.2.1. 2. Modificaciones químicas durante la maduración

Las reacciones que tienen lugar durante la maduración modifican acusadamente los caracteres organolépticos de las frutas.

Con relación a esto es interesante señalar que las modificaciones del color, textura, sabor, etc., son frecuentemente el resultado de reacciones independientes las unas de las otras (Cheftel y Cheftel, 1976).

Entre las principales reacciones químicas de la maduración, están las siguientes (Cheftel y Cheftel, 1976):

- Modificaciones de los constituyentes glucídicos (responsables del sabor azucarado y textura). En general el contenido de azúcares y el sabor azucarado aumentan en el curso de la maduración, a pesar del consumo de una parte de estos por oxidación respiratoria. Estos azúcares provienen de la hidrólisis, por ejemplo del almidón o bien de hemicelulosas de paredes celulares. Se sabe que la glucosa, fructosa y sacarosa son interconvertibles en los tejidos vegetales, pero según el tipo de fruto se acumulará más o menos el contenido de uno de los tres azúcares. Los azúcares constituyen fundamentalmente el 'residuo seco soluble' de los zumos de frutas, lo que permite valorar su cantidad por refractometría. Además el hecho de la degradación del almidón y de las hemicelulosas afecta a la textura de los frutos, la cual disminuye debido, en parte, a esta degradación.
- Modificaciones en las sustancias pécticas (responsables de la textura). La protopectina insoluble se transforma en pectina soluble y esta posteriormente se demetoxila y depolimeriza parcialmente debido, en parte, a una síntesis acelerada de pectinasas. Estos cambios afectan a las paredes celulares y motivan un ablandamiento, algunas veces excesivo de las frutas.
- Modificaciones de los pigmentos responsables del color. Los pigmentos también sufren durante la maduración considerables modificaciones. Esto se debe al correspondiente desenmascaramiento de los carotenoides debido a la degradación de la clorofila. Algunos compuestos volátiles como el etileno aceleran la degradación de la clorofila, mientras que otros como es el anhídrido carbónico, la retrasan.
- Modificaciones de los compuestos volátiles y otros no volátiles, responsables del aroma y sabor. La maduración origina un gran número de compuestos

I. Introducción

orgánicos volátiles, que en parte son responsables del aroma de las frutas. Sus funciones en el metabolismo y las reacciones, enzimáticas o no, que motivan su formación, son poco conocidas. Además, estos compuestos sólo representan una baja fracción de la emisión volátil de las frutas; así el carbono desprendido bajo esta forma sólo representa del 0.1 al 1% del carbono desprendido bajo la forma de anhídrido carbónico. Entre los compuestos no volátiles que constituyen el sabor de las frutas, hay que mencionar preferentemente los flavonoides y constituyentes fenólicos (por ejemplo taninos) que desaparecen en parte durante la maduración.

I.2.2. ETILENO

I.2.2.1. Papel del Etileno en la maduración organoléptica de frutos climatéricos y no climatéricos

Como se ha mencionado anteriormente los frutos pueden clasificarse como climatéricos y no climatéricos, dependiendo de si experimentan incremento de la tasa respiratoria y producción de etileno durante la maduración (Biale, 1964). Sin embargo, estudios recientes, han llevado a debate la relación de unión entre el pico climatérico de la respiración y el incremento en la producción de etileno. Una serie de experimentos en tomate y melón revelaron que mientras fruta cosechada exhibía una clara coincidencia entre el incremento de la respiración y la producción de etileno, fruta cuya maduración tenía lugar en la planta no presentó ningún pico de respiración a pesar de ser observado un marcado pico en la producción de etileno (Miccolis y Saltveit, 1991; Shellie y Saltveit, 1993; Saltveit, 1993). Otros autores están en desacuerdo con estos hallazgos (Knee, 1995; Andrews, 1995; Hadfield et al., 1995), pero esta cuestión es todavía tema de controversia. En cualquier caso, el marcado incremento en la producción de etileno en el comienzo de la fase de climaterio se considera el desencadenante de los cambios en color, aromas, textura, sabor y otros atributos bioquímicos y fisiológicos del fruto (Pech et al., 2003).

En frutos climatéricos, entre los que se encuentra el caqui, el etileno induce la maduración, es decir promueve una serie de procesos entre los que además del aumento de la respiración se produce también el aumento en la formación de más etileno, el aumento en la degradación de la pared celular o lo que es lo mismo ablandamiento debido a la acción de enzimas hidrolíticas, y cambios en la concentración y composición de los pigmentos (síntesis de antocianinas y degradación de clorofilas). La maduración de frutos climatéricos puede iniciarse de forma natural, por un

incremento de etileno endógeno producido por el fruto, o de forma comercial mediante la aplicación de etileno exógeno (maduración forzada). Caquis, kiwis y aguacates son tres de los frutos más sensibles al etileno.

En contraste, la maduración de frutos no climatéricos es generalmente considerado como un proceso independiente del etileno y se conoce poco acerca de los mecanismos subyacentes que regulan los cambios bioquímicos. En los frutos no climatéricos, el etileno incrementa la respiración y tiene efecto sobre cambios en los pigmentos o la disminución de la firmeza, pero no sobre los acontecimientos producidos durante la última fase de la maduración o ripening (Jiang et al., 2001); en estos frutos la respiración sólo es estimulada mientras estos están expuestos a etileno, volviendo la tasa de respiración a niveles normales cuando son transferidos a una atmósfera no enriquecida en etileno.

El etileno en frutos climatéricos promueve la maduración, mientras que en frutos no climatéricos acelera la senescencia, por lo que no favorece el almacenamiento prolongado de los frutos. La respuesta de los frutos a su exposición, así como la búsqueda de herramientas para bloquear o retrasar su acción son uno de los campos más importantes de la investigación postcosecha.

1.2.2.2. Biosíntesis del etileno

Los tejidos vegetales producen etileno a través de una ruta de biosíntesis activamente regulada, en la cual el aminoácido metionina es convertido a ACC (ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico) y luego a etileno a través de una serie de reacciones bioquímicas. El O_2 es requerido para la síntesis de etileno, y ambos O_2 y CO_2 son requeridos para su actividad biológica. Cada reacción en la síntesis y acción del etileno implica una catálisis biológica, es decir, una enzima, que actúa en la reacción para la producción del sustrato necesario para el siguiente paso de la ruta. La actividad de estas enzimas es regulada tanto por su síntesis y/o destrucción, como por las interacciones con sustratos y productos. Estas interacciones pueden crear un feedback positivo o negativo de etileno en su síntesis (Fig.1.2.2) (Saltveit, 2004).

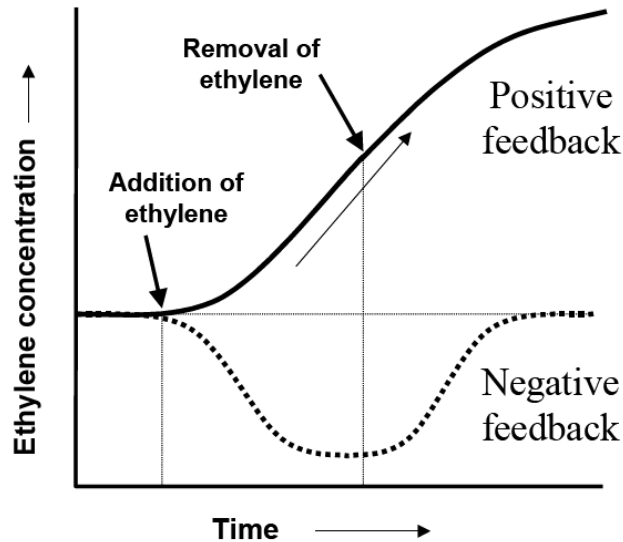


Figura I.2.2. Efecto de la adición o eliminación de etileno de la atmósfera que rodea al tejido, el cual responde con un feedback positivo (el etileno promueve su propia síntesis) o negativo (el etileno inhibe su propia síntesis) (Modificado de Saltveit, 1999)

En los tejidos vegetativos y en los frutos no climatéricos y tejidos de frutos climatéricos inmaduros, el etileno suprime su propia síntesis, y en el ripening de frutos climatéricos el etileno promueve su propia síntesis; este feedback positivo del etileno sobre su propia síntesis se llama producción autocatalítica del etileno.

Los niveles de producción de etileno en cada fruto varían considerablemente en función de varios factores, que se detallan brevemente a continuación:

- Especie y cultivar.- como se ha comentado la producción de etileno es distinta según se trate de frutos climatéricos o no climatéricos. Además, dentro de una especie se pueden encontrar diferencias importantes entre los cultivares. Como se ha mencionado anteriormente el estado de madurez de frutos climatéricos afecta de manera importante a la producción de etileno de los mismos.

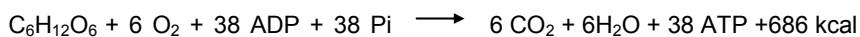
- Temperatura.- el aumento de la temperatura acelera las reacciones metabólicas, incrementando por lo tanto la producción de etileno.
- Nivel de CO₂.- este gas se destaca por ser un inhibidor competitivo de la acción del etileno, actuando también sobre la biosíntesis.
- Nivel de O₂.- bajas concentraciones de O₂ reducen la producción de etileno.
- Etileno ambiental.- la exposición de los frutos al etileno ambiental estimula una mayor producción de etileno, es el efecto autoestimulador (autocatalítico) que existe notablemente en frutos climatéricos. Por otra parte, algunos compuestos poseen una acción similar a la del etileno aunque su efectividad es menor que la de este, entre los más importantes figuran el propileno y el acetileno.
- Situaciones de estrés.- los golpes, cortes, agresiones químicas, bajas temperaturas (en especies sensibles), estrés hídrico, etc., inducen la biosíntesis del etileno. Por otra parte, el desarrollo de hongos y bacterias a causa de heridas, son fuentes de etileno.

I.2.3. LA RESPIRACIÓN

I.2.3.1. Respiración aerobia y anaerobia

La respiración es la degradación oxidativa de compuestos orgánicos complejos normalmente presentes en las plantas, tales como almidón, azúcares y ácidos orgánicos, a moléculas simples como CO₂ y H₂O. Como resultado de esta reacción de catabolismo se produce energía y moléculas intermedias requeridas para sostener las reacciones anabólicas esenciales para el mantenimiento de la organización celular y la integridad de membrana de las células vivas. El principal propósito de la respiración es mantener un adecuado suministro de adenosín trifosfato (ATP). El proceso global de la respiración aerobia implica la regeneración de ATP a partir de ADP (adenosín difosfato) y fósforo inorgánico (P_i) con la liberación de CO₂ y H₂O (Kader y Saltveit, 2003).

Tomando la hexosa como sustrato, la reacción general sería:



Los componentes de esta reacción tienen varias fuentes y destinos. La glucosa puede provenir de azúcares almacenados o polisacáridos complejos como el almidón. Grasas y proteínas también pueden suministrar sustratos para la respiración, pero sus derivados por ejemplo, ácidos grasos, glicerol o aminoácidos, se incorporan en fases más avanzadas del proceso general y como moléculas más pequeñas parcialmente metabolizadas. El oxígeno, utilizado para la oxidación de la glucosa, difunde hacia el interior a través de los tejidos desde la atmósfera que rodea al fruto, mientras que el CO₂ difunde hacia el exterior. El agua producida es incorporada a la solución acuosa de la célula.

Hay tres destinos para la energía producida en la respiración: 13 kcal son utilizadas para aumentar la entropía en el proceso de degradación de la glucosa a moléculas más sencillas. De la energía restante, 281 kcal son utilizadas para producir 38 moléculas de ATP y 329 kcal son perdidas en forma de calor (Kader y Saltveit, 2003).

La respiración aerobia envuelve una serie de tres complejas reacciones, cada una de las cuales es catalizada por enzimas específicas que o bien, añaden grupos fosfato a la molécula, transportan la molécula o degradan la molécula a otras más simples. Los tres caminos de metabolismo interconectados son: la glicólisis, el ciclo de los ácidos tricarboxílicos, y el sistema de transporte electrónico (Fig. I.2.3):

-La glicólisis (lisis de la glucosa) ocurre en el citoplasma, e implica la producción de dos moléculas de piruvato a partir de cada una de glucosa.

-El ciclo de los ácidos tricarboxílicos tiene lugar en la matriz mitocondrial e implica la degradación de piruvato a CO_2 a través de nueve reacciones enzimáticas.

-El sistema de transporte electrónico ocurre en la mitocondria e implica la producción de ATP a partir de intermediarios, FADH_2 y NADH .

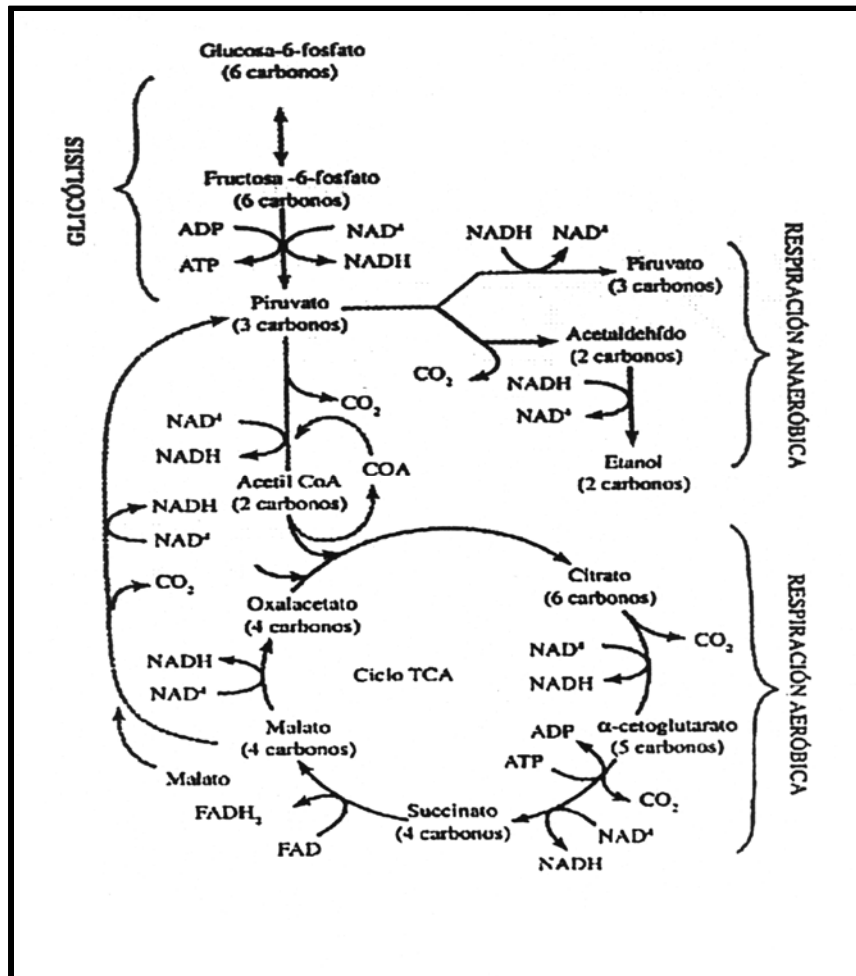


Figura I.2.3. Esquema simplificado de la respiración vía glicólisis y el ciclo de los ácidos tricarboxílicos (TCA) (Adaptado de Wills et al., 1998)

I. Introducción

La respiración anaerobia ocurre en ausencia de oxígeno; el NADH y FADH₂ se acumulan y son consumidos en sus formas oxidadas (NAD⁺ y FAD), el ciclo de los ácidos tricarboxílicos se para y la glicólisis se convierte en la única fuente de producción de ATP. La regeneración del NAD⁺ es absolutamente esencial para la supervivencia de la célula anaerobia.

La respiración anaerobia implica la conversión de hexosas en alcohol y CO₂ en ausencia de O₂. El piruvato producido en la glicólisis (a través de una serie de reacciones que no requieren O₂) es decarboxilado para formar CO₂ y acetaldehído. El acetaldehído es convertido a etanol con la regeneración de NAD⁺. En la respiración anaerobia por cada molécula de glucosa son producidos dos moles de ATP y 21 kcal de energía como calor.

La concentración de O₂ a la cual ocurre el cambio desde una respiración predominante aerobia a una respiración predominantemente anaerobia varía entre tejidos y es conocida como punto de extinción o punto de compensación anaeróbica. La concentración de O₂ en los diferentes puntos dentro de un vegetal grande variará debido a las diferentes tasas de difusión y respiración, por lo que en un mismo momento algunas partes del fruto podrían llegar a ser anaeróbicas mientras que otras permanecen aeróbicas (Kader y Saltveit, 2003).

1.2.3.2. Significado de la respiración en la biología postcosecha

En general existe una relación inversa entre la tasa de respiración y la vida postcosecha de los vegetales frescos. Cuanto más alta es la tasa de respiración más perecedero es el vegetal (más corta vida postcosecha). La respiración juega un papel muy importante en la vida postcosecha de los vegetales frescos por diferentes razones (Kader y Saltveit, 2003):

- Pérdida de sustratos: el uso de varios sustratos en la respiración puede resultar en pérdida de reservas alimenticias en el tejido y pérdida de calidad de sabor (especialmente dulzor) y valor alimenticio para el consumidor.
- Requerimientos de oxígeno: una adecuada concentración de O₂ debe estar disponible para mantener la respiración aerobia. Esta debería considerarse en la selección de procesos de manipulación postcosecha, tales como encerado, y otros recubrimientos, así como en

el empaquetado. Por otra parte la reducción de la concentración de O_2 por debajo del 10% puede ser una herramienta para controlar la tasa de respiración y ralentizar la senescencia (conservación en atmósfera modificada).

- Producción de dióxido de carbono: la acumulación de CO_2 generada por el fruto en su atmósfera ambiente puede ser beneficiosa o perjudicial dependiendo de la tolerancia del fruto a altos niveles de CO_2 . En algunos frutos un incremento de la concentración de CO_2 en una atmósfera controlada o modificada puede retrasar la senescencia o ejercer un control sobre el crecimiento de hongos.
- Liberación de energía en forma de calor: el calor producido por la respiración (calor vital), aproximadamente 673 kcal por cada mol de azúcar, puede ser un importante factor para establecer los requerimientos de refrigeración durante el transporte y almacenamiento.

1.2.3.3. Intercambio de gases. Barreras para la difusión

El intercambio de gases entre el órgano de la planta y su ambiente sigue la primera ley de difusión de Fick. Los pasos secuenciales son (Kader y Saltveit, 2003) :

- difusión en fase gas a través del sistema dérmico, cutícula, epidermis, estomas, lenticelas, etc.
- difusión en la fase gas a través de los espacios intercelulares.
- intercambio de gases entre la atmósfera intercelular y la solución celular o viceversa.
- difusión en la solución dentro de la célula a centros de captación de O_2 o desde centros de difusión de CO_2

I. Introducción

El dióxido de carbono producido en el interior de la célula elevará la concentración local y el gradiente producido conducirá a la difusión de CO₂ hacia el exterior, hacia concentraciones más bajas cercanas a la superficie de la pared celular adyacente o al espacio intercelular. La difusión del CO₂ en los espacios intercelulares continuará hacia las regiones de menor concentración hasta alcanzar el espacio intercelular bajo el sistema dérmico. De ahí, el CO₂ se mueve a través de la cutícula o aperturas de la superficie del fruto hacia el aire ambiental (Burton, 1982).

Los gradientes de O₂ dentro de los tejidos son establecidos en un proceso inverso pero análogo al mencionado para el CO₂. En tejidos senescentes, la difusión de O₂ puede verse impedida si el espacio intercelular se llena con soluciones celulares y se desarrollarían condiciones anaerobias dentro del tejido.

La tasa de movimiento del gas depende de las propiedades de la molécula de gas, la magnitud del gradiente, y de las propiedades físicas de las barreras implicadas (grosor, área de superficie, densidad y estructura molecular). Tanto la solubilidad como la difusividad de cada gas son importantes para su difusión a través de las barreras. El CO₂ se mueve más rápidamente que el O₂, mientras que la difusión del CO₂ y etileno son similares (Kader y Saltveit, 2003).

1.2.3.4. Implicación de la respiración en el proceso de desastringencia del caqui.

La astringencia ha sido definida por la American Society for Testing and Materials como “el complejo de sensaciones debidas a la constricción y sequedad del epitelio como resultado de la exposición a sustancias tales como ácidos tánicos (ASTM, 1995). La acción de comer el fruto provoca la lisis de las células que contienen los taninos, siendo estos liberados (Taira, 1995). Es aceptado de manera general que los compuestos astringentes forman complejos con las proteínas de la saliva, resultando en su agregación y/o precipitación y consecuentemente pérdida de sus propiedades lubricantes (Kallithraka et al., 1998).

Como ha sido mencionado, el caqui ‘Rojo Brillante’, al igual que otras muchas variedades de caqui, es astringente en recolección debido a su contenido de taninos solubles. Por ello se hace imprescindible la aplicación de tratamientos de desastringencia previamente a la comercialización de los frutos.

Diferentes técnicas basadas en la exposición del fruto a condiciones de anaerobiosis han mostrado tener un efecto de reducción de la astringencia (altas concentraciones de N_2 o CO_2 , inmersión en líquidos o incluso tratamientos basados en exposiciones a etanol). De todas ellas, en caqui 'Rojo Brillante', la que ha resultado más efectiva para la eliminación de la astringencia causando el mínimo daño en el fruto ha sido la exposición a altas concentraciones de CO_2 (Arnal y del Río, 2003).

Una elevada concentración CO_2 en la atmósfera que rodea al fruto reduce los niveles de respiración aerobia e incrementa la tasa de respiración anaerobia; como se ha mencionado anteriormente, acetaldehído y etanol son productos de la respiración anaerobia (Kader y Saltveit, 2003) (Fig. I.2.4 y I.2.5). Es ampliamente aceptado, que la unión de los taninos solubles presentes en el caqui con el acetaldehído producto de la respiración anaerobia, resulta en una insolubilización de los taninos. Los taninos una vez insolubilizados no tienen la capacidad de ligarse a las proteínas de la saliva, perdiendo por lo tanto su carácter astringente (Matsuo e Ito., 1982).

Arnal y Del Río (2003) ensayaron la desastringencia de caqui 'Rojo Brillante' mediante altas concentraciones de N_2 y CO_2 y observaron que el tratamiento de la fruta con concentraciones del CO_2 (95%) permitía una eliminación más eficiente de la astringencia, coincidiendo con una mayor producción de acetaldehído y etanol.

I. Introducción

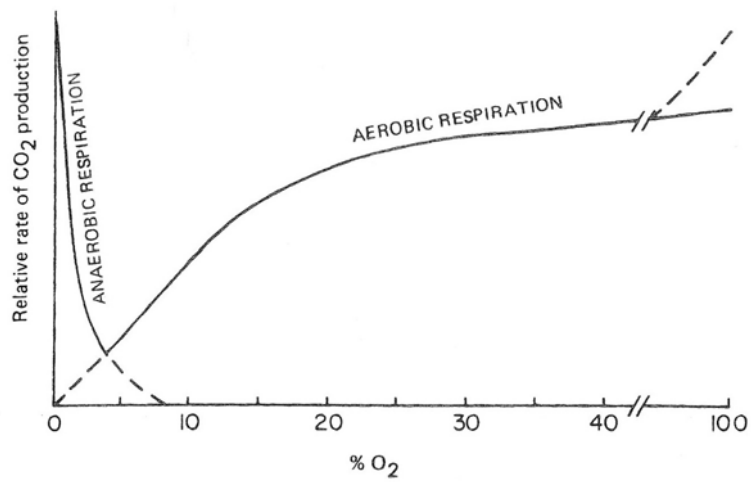


Figura I.2.4. Representación esquemática de los efectos de la concentración de O_2 y CO_2 en las tasas de respiración aerobia y anaerobia en vegetales frescos (Kader y Saltveit, 2003)

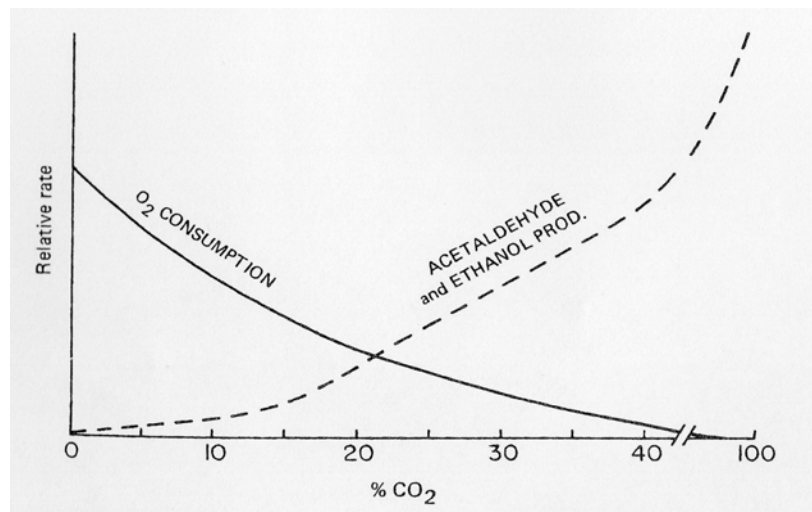


Figura I.2.5. Representación esquemática de los efectos de la concentración de CO_2 en las tasas de respiración aerobia (consumo de O_2) y anaerobia (producción de acetaldehído y etanol) en vegetales frescos (Kader y Saltveit, 2003)

I.3. POSTCOSECHA DEL CAQUI ‘ROJO BRILLANTE’. ANTECEDENTES

I.3.1. RECOLECCIÓN

Cuando la comercialización del caqui ‘Rojo Brillante’ es realizada en forma de “Kaki Persimon” la firmeza es uno de los principales atributos de calidad a tener en cuenta durante el periodo que sigue a la recolección. En este sentido una firmeza elevada en recolección es determinante para poder preservar la calidad del fruto, ya que durante el periodo postcosecha el ablandamiento es un hecho inevitable, que ocurre con mayor o menor rapidez dependiendo de las condiciones a las que se vea expuesto el fruto.

Los frutos alcanzan su coloración plena, el color rojo intenso que da nombre a esta variedad, transcurridos unos 4 meses tras el final de la floración. Sin embargo una coloración amarillo-anaranjada se considera suficiente para su comercialización como “Kaki Persimon”. De esta manera, la recolección del cv. ‘Rojo brillante’ se concentra entre los meses de Octubre a Diciembre, dependiendo del estadio de los frutos, de la localidad y de las exigencias del mercado.

En la actualidad el parámetro utilizado como índice de recolección es la coloración externa del fruto. Este resulta ser un índice totalmente subjetivo, ya que hasta el momento no hay establecida una relación entre el avance en la coloración y los cambios físicoquímicos que tienen lugar durante la maduración de los frutos.

La recolección de los frutos es realizada manualmente, siendo importante que estos sean tratados con sumo cuidado, y se utilicen recipientes acolchados (hojas, etc.), para evitar producir magulladuras o lesiones que perjudiquen su calidad comercial. Tras la recolección los frutos son transportados a centrales hortofrutícolas donde se procede a su confección y comercialización.

Debido a su carácter astringente en recolección, la aplicación de un tratamiento de desastringencia se convierte en un requisito indispensable previo a la comercialización del fruto. Normalmente el tratamiento de desastringencia es aplicado a la fruta a su llegada a las centrales de manipulación donde tras la eliminación de la astringencia los frutos son confeccionados previamente a su comercialización.

I. Introducción

Debido al gran incremento en la producción que ha tenido lugar en los últimos años y a que el periodo de recolección se concentra entre los meses de Octubre a Diciembre, sería muy interesante para el Sector conseguir ampliar el periodo de comercialización. Debido al carácter climatérico del caqui, si este fuese recolectado antes del viraje de color verde-amarillo, no llegaría por sí solo a madurar de manera completa; sometido a tratamientos de maduración forzada el fruto tiende a tomar un color parduzco, poco atractivo y de mediocres características organolépticas.

Una alternativa que ha resultado exitosa en otras variedades de caqui para extender el periodo de recolección es la aplicación de tratamientos precosecha con la finalidad de retrasar la maduración del fruto. Así, la aplicación de tratamientos en campo con ácido giberélico (GA_3) en el momento del cambio de color ha resultado beneficiosa en el retraso de la recolección en algunas variedades de caqui como cv. Triumph (Ben-Arie et al., 1996; Agustí et al., 2003), cv. Fuyu (Lee et al., 1997) o cv. Hiratanenashi (Nakano et al., 1997). Del mismo modo, tratamientos precosecha con nitrato cálcico se han mostrados efectivos en el atraso de la maduración del caqui cv. Triumph (Agustí et al., 2004). Sin embargo hasta el momento este tipo de tratamientos no ha sido ensayado en el cultivar 'Rojo Brillante', no existiendo estudios sobre el efecto de estos tratamientos durante la conservación y comercialización de los frutos.

I.3.2. DESASTRINGENCIA DEL FRUTO

La eliminación de la astringencia en aquellos cultivares de caqui que presentan carácter astringente en recolección ha sido lograda por diferentes métodos, basados en la exposición del fruto a condiciones de respiración anaerobia (Pesis et al., 1986; Ben-Arie y Sonogo, 1993). Los taninos solubles responsables de la astringencia, bajo condiciones anaerobias son polimerizados por el acetaldehído producido en la respiración anaerobia pasando a su forma insoluble, forma en la cual no provocan sensación de astringencia al paladar (Matsuo et al., 1982; Taira et al., 1997). Frente a otros métodos ensayados, como vapores de etanol o altas concentraciones de N_2 , la aplicación de altas concentraciones de CO_2 ha mostrado ser el método más efectivo para eliminar la astringencia de los frutos preservando su firmeza (Zavrtanik et al., 1999; Yamada et al., 2002; Arnal y Del Rio, 2003). Por ello, en los últimos años, la industria del caqui 'Rojo Brillante' ha adoptado la aplicación de este método como el sistema habitual de desastringencia.

La eficacia de la eliminación de la astringencia con altas concentraciones de CO₂, además del cultivar, puede depender de otros factores como duración del tratamiento, temperatura, y estado de madurez del fruto (Ben-Arie y Sonogo, 1993).

A partir de experiencias realizadas en el Centro Tecnología Postcosecha del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), se ha establecido como método estándar para reducir la astringencia del caqui 'Rojo Brillante' el consistente en introducir los frutos durante 24 horas en cámaras estancas con condiciones constantes de 95% de CO₂, 20°C, 90% H.R. (Salvador et al., 2004a).

Actualmente a nivel comercial existen problemas de eficacia del tratamiento de desastringencia con CO₂; estas dificultades para eliminar la astringencia del fruto varían en función del momento de campaña, y en ocasiones se ha observado que incluso tras aplicaciones de CO₂ superiores a 24h la eliminación de la astringencia no es completa. La presencia de astringencia residual en un número mínimo de frutos es causa de la devolución de partidas completas por parte de los mayoristas, pudiendo suponer importantes pérdidas comerciales.

En la práctica, dificultades logísticas para el mantenimiento de las condiciones estándar (95%CO₂, 20°C, 24h), sobre todo la elevada temperatura, hacen que en determinados momentos de la campaña raramente estas condiciones sean utilizadas en las centrales de manipulación.

Comercialmente, la aplicación del tratamiento de desastringencia es realizada a temperatura ambiente por lo que las condiciones de aplicación pueden diferir de manera importante; como se ha mencionado, la recolección de esta variedad se centra entre los meses de Octubre a Diciembre, donde la temperatura ambiente puede variar entre 20-25°C a principio de campaña, hasta 10-12°C a final de campaña.

Las causas de esta pérdida de eficacia del tratamiento de desastringencia comercial no están claras en este momento

El hecho de que las dificultades para una correcta eliminación de la astringencia varíen a lo largo de la campaña podría indicar una implicación de la temperatura de aplicación del tratamiento. De igual modo, el estado de madurez del fruto podría estar jugando un papel importante en la eficacia del tratamiento con CO₂.

La falta de eficacia de los métodos de desastringencia en las condiciones actualmente aplicadas, observada en numerosas ocasiones, y la falta de información sobre las condiciones óptimas de aplicación, hace necesaria la caracterización y

I. Introducción

optimización del tratamiento de desastringencia. Para ello debe ser estudiadas las condiciones más efectivas de temperatura, tiempo y concentración de CO₂, en función del estado de madurez, con el fin de obtener la mayor eficacia en la reducción de la astringencia con la mínima pérdida de calidad

Por otra parte, en ciertos momentos de la campaña, podría resultar interesante para la industria realizar el tratamiento de desastringencia tras el periodo de almacenamiento, sin embargo, en experiencias previas realizadas en el IVIA se ha observado que el tratamiento con altas concentraciones de CO₂ en condiciones estándar no resulta totalmente efectivo cuando es aplicado a fruta que previamente ha sido conservada a 15°C. No se ha encontrado información en otras variedades de caqui respecto a esta pérdida de eficacia del tratamiento de desastringencia durante la conservación, estando por dilucidar las causas del mismo.

En la actualidad son muy pocos los estudios microestructurales en frutos de caqui; algunos trabajos publicados han estudiado las variedades 'Hiratanenashi' (Taira et al., 1998), 'Triumph' y 'Suruga' (Gottreich y Blumenfeld, 1991). Sin embargo, no existe ningún estudio realizado con el cultivar 'Rojo Brillante'.

Una mayor comprensión de los cambios que tienen lugar en el fruto durante el proceso de desastringencia de caqui 'Rojo Brillante', podría llevar a clarificar las causas de la falta de eficacia del tratamiento. Por ello, el estudio de la relación entre los cambios en el nivel de astringencia y otros parámetros fisiológicos, con los cambios estructurales que tienen lugar en la pulpa del fruto debido al efecto del tratamiento con altas concentraciones de CO₂ resulta de gran interés para una mayor comprensión del proceso de desastringencia.

I.3.3. CONSERVACIÓN

I.3.3.1. Conservación a Bajas Temperaturas

La frigoconservación es la principal herramienta para prolongar la vida postcosecha de gran número de frutas y otros vegetales. Sin embargo, el 'Rojo Brillante', al igual que otras variedades de caqui como 'Fuyu' o 'Suruga' (Collins y Tisdell, 1995) presenta sensibilidad a las bajas temperaturas, manifestando daños por frío cuando es conservado a temperaturas inferiores a 11°C (Arnal y del Río, 2004).

El daño por frío

La mayoría de los frutos tropicales o subtropicales, numerosos productos mediterráneos y algunas especies de clima templado son sensibles de manifestar daños por frío cuando son expuestos a temperaturas por debajo de una temperatura crítica (Artés y Artés-Hernández, 2003). Este tipo de daños tienen lugar tras un periodo de exposición a temperaturas inferiores a 10°C-15°C, pero superiores al punto de congelación del fruto. A estas temperaturas, los tejidos se debilitan debido a la imposibilidad de que los procesos metabólicos se desarrollen de forma normal. Varias alteraciones fisiológicas y bioquímicas y disfunciones celulares tienen lugar en especies sensibles al frío cuando son sometidas a un estrés por frío (Wang, 1982).

Cuando el estrés por frío es prolongado en el tiempo, las alteraciones y disfunciones se manifestarán en forma de una variedad de síntomas tales como lesiones superficiales, decoloración interna de los tejidos, infiltración acuosa, textura harinosa, translucidez y gelatinosidad de la pulpa, y una maduración anormal. Es frecuente que los frutos dañados por frío presenten un aspecto sano mientras permanecen a bajas temperaturas, sin embargo, los síntomas del daño por frío se hacen evidentes con mucha rapidez cuando son transferidos a temperaturas moderadas. (Saltveit y Morris, 1990).

Tanto la temperatura como la duración de la exposición al frío están envueltas en el desarrollo de los daños. Los daños pueden ocurrir en un corto periodo de tiempo si el almacenamiento es realizado por debajo de la temperatura considerada crítica para ese cultivo, pero un producto puede resistir a temperaturas dentro de la zona crítica por un largo periodo de tiempo antes de que los daños sean irreversibles (Kosiyachinda y Young, 1976).

En el desarrollo del daño por frío intervienen una serie factores genéticos, fisiológicos y bioquímicos, e incluso las condiciones térmicas del cultivo. Se ha observado que las especies climatéricas son más proclives a sufrir daño por frío cuando tienen un metabolismo muy activo, con elevada tasa respiratoria. El estado de madurez en cosecha y el grado de evolución del fruto son también factores importantes que determinan la sensibilidad de los mismos. Frutos inmaduros o precoces se han mostrado más sensibles a las bajas temperaturas que los maduros o tardíos de la misma cosecha, con independencia de que sean climatéricos o no (Artés y Artés-Hernández, 2003).

Respecto al caqui, la sensibilidad a los daños por frío depende del cultivar, habiendo variedades no sensibles como cv. Hachiya o cv. Triumph, y otras como 'Fuyu'

I. Introducción

o 'Suruga' que sí lo son. El caqui 'Rojo Brillante' pertenece a este último grupo, presentando sensibilidad a los daños por frío cuando es almacenado a temperaturas inferiores a 11°C (Arnal y Del Río, 2004). El principal síntoma de daño por frío en este cultivar es un drástico ablandamiento de la pulpa; normalmente mientras el fruto permanece a bajas temperaturas el daño no se hace visible, sin embargo cuando el fruto es transferido a temperaturas de comercialización esta importante pérdida de firmeza tiene lugar en un corto periodo de tiempo (2, 3 días). Relacionado también con la textura del fruto, se ha observado que tras un periodo variable a 1°C puede producirse un cambio estructural en la pulpa del fruto, y en lugar de sufrir un ablandamiento drástico cuando se transfiere a 20°C, la pulpa adopta una textura dura y gomosa (Arnal et al., 2005; Salvador et al., 2005b). El pardeamiento interno, manifestado como un oscurecimiento del área central del fruto, así como la aparición de nódulos por compactación de áreas localizadas de la pulpa en la zona superior del fruto, también se han asociado con síntomas de daño por frío en diferentes experiencias (Arnal et al., 2005).

En otros cultivares de caqui, como 'Fuyu' o 'Suruga', la gelificación de la pulpa es reportada como el principal síntoma del daño por frío (Collins y Tisdell, 2005; MacRae, 1987; Woolf et al., 1997a).

Estudios recientes muestran que la sensibilidad del caqui 'Rojo Brillante' a las bajas temperaturas depende en gran medida del estado de madurez en el momento de cosecha, mostrando la fruta recolectada a principio de campaña una mayor incidencia en las alteraciones provocadas por las bajas temperaturas, tales como pérdida de firmeza y pardeamiento interno, que la fruta recolectada a final de campaña (Arnal et al., 2005; Salvador et al., 2005a, 2005b). Este hecho podría estar relacionado con la producción de etileno mostrada por el fruto en su desarrollo; así la mayor incidencia de daño por frío ha sido relacionada con un incremento de emisión de etileno (Arnal et al., 2005).

Control del daño por frío

Los daños por frío pueden reducirse bien aumentando la tolerancia de los productos a las bajas temperaturas, o bien retrasando el desarrollo de los síntomas (Wang, 2000). Si bien el control de los daños por frío sigue siendo uno de los temas prioritarios en la investigación postcosecha, se han propuesto diversos métodos para reducir la gravedad de dichos daños, ofreciendo algunos de ellos un interés práctico.

El uso combinado de atmósferas controladas o modificadas y el almacenamiento refrigerado ha demostrado en diferentes productos tener un efecto de reducción de los daños por frío (Ratanachinakorn et al., 2003; Ali et al., 2004; Xian et al., 2004).

En caqui, el empleo de este tipo de atmósferas en combinación con la frigoconservación ha sido estudiado principalmente en el cv. Fuyu (Cia et al., 2006; Antonioli et al., 2003). Kader recomienda para el control del daño por frío de 'Fuyu' el uso de atmósferas controladas de 3-5% O₂ + 5-8% CO₂ a temperaturas inferiores a 5°C (41°F) (Kader, 2002b). En Nueva Zelanda, así como también en Korea y Japón, la fruta es habitualmente almacenada en atmósferas modificadas empleando bolsas de polietileno, ya que la atmósfera generada en el interior aunque no elimina los síntomas del daño por frío los retrasa y reduce (MacRae, 1987; Kim y Lee, 2005). La utilización de atmósferas controladas o modificadas durante la conservación en frío no ha sido estudiada en 'Rojo Brillante'.

Por otra parte, diferentes productos químicos han sido asociados con una reducción de los daños por frío (Artés y Artés-Hernández, 2003): los vapores de etanol que reducen la respiración y emisión de etileno, las disoluciones de calcio y poliaminas, así como la mayoría de reguladores del crecimiento que al afectar los procesos bioquímicos y fisiológicos pueden a su vez afectar la tolerancia al estrés por frío (etileno, ácido giberélico, ácido abscísico).

El uso combinado de aplicaciones precosecha con giberelinas y un almacenamiento en atmósfera modificada permitió en caqui 'Triumph' prolongar de manera muy importante la conservación a bajas temperaturas (Ben-Arie et al., 1991).

En otras variedades, la aplicación de GA₃ y compuestos de calcio se ha ensayado principalmente con la finalidad de retrasar la maduración, sin embargo no existen estudios de su posible efecto en el control de los daños por frío.

La aplicación en postcosecha de aminoetoxivinilglicina (AVG), un inhibidor del etileno, fue ensayada en el cv. Fuyu, y si bien controló el ablandamiento durante el almacenamiento en frío, no controló síntomas importantes del daño por frío en esta variedad como la translucidez de la pulpa (Fuentes et al., 2006).

Resultados muy interesantes en el control de daño por frío en caqui han sido obtenidos con la aplicación tras la cosecha de Smartfresh TM (1-Metilciclopropeno) (1-MCP), un potente inhibidor de la acción del etileno, registrado para su uso comercial en

I. Introducción

España por la Comisión de Productos fitosanitarios el día 9 de mayo de 2007 para tratamientos postcosecha en manzana, caqui, ciruela y tomate.

En cv. Rojo Brillante, mediante la aplicación de 1-MCP previamente a la conservación a 1°C se ha retrasado el principal síntoma de daño por frío, el drástico ablandamiento de la pulpa al ser transferido a temperaturas de comercialización (Arnal y Del Río, 2004; Salvador et al., 2004a). También se han obtenido resultados positivos con la aplicación de 1-MCP en la conservación a 15°C (Salvador et al., 2004b). Así mismo en otras variedades de caqui, principalmente en cv. Fuyu, se ha observado un efecto de reducción de los daños por frío (Girardi et al., 2003; Brackmann et al., 2004; Kim y Lee., 2005 ; Tibola et al., 2005).

Existen algunos estudios sobre la preservación de las estructuras celulares ejercida por el 1-MCP durante el almacenamiento frigorífico. En aguacate, Hershkovitz et al. (2005), utilizando una técnica de conductividad eléctrica (EC), observó que el 1-MCP provocaba una reducción de la EC del tejido y reportó que la conservación en frío propicia los procesos de destrucción de membranas, mientras que el tratamiento con 1-MCP lo inhibe. Efectos similares del 1-MCP, en reducir la pérdida de electrolitos fueron encontrados en pera (Larrigaudiere et al., 2004) y en melón (Valdenegro et al., 2005).

En caqui, Zhu et al. (2004), relacionó la reducción del ablandamiento durante el almacenamiento de fruta tratada con 1-MCP con una baja permeabilidad de membrana.

Aunque la información existente para caqui es escasa, los cambios de textura provocados por el daño por frío también parecen tener relación con desórdenes a nivel de la pared celular y de la lamela media. Luo y Xi (2005) observaron que ambas estructuras se vieron afectadas, no siendo disueltas normalmente en frutos que presentaban daño por frío y Grant et al. (1992) encontraron un mayor grado de solubilización de la pared celular en aquellos frutos dañados.

Como ya se ha mencionado, la efectividad del 1-MCP para aliviar los síntomas de daños por frío en caqui 'Rojo Brillante' está ampliamente reportada, por lo que la observación de su efecto sobre las estructuras celulares, respecto a lo que no hay información en estos momentos, sería de gran ayuda para comprender tanto el fenómeno del daño por frío en esta variedad, como el modo de actuación del 1-MCP en la reducción del mismo.

La aplicación de tratamientos térmicos con el fin de reducir los daños por frío ha sido ampliamente reportada (Lurie, 1998; Fallik, 2004)

La plena justificación de la eficacia para limitar los daños por frío de ciertos tratamientos térmicos, como el retraso del enfriamiento, el preacondicionado, el curado, o los baños de agua caliente no es bien conocida aunque ha sido relacionado con diferentes cambios inducidos por el tratamiento en el fruto. La eficacia de estos tratamientos depende mucho de la variedad y del estado fisiológico (Artés y Artés-Hernández, 2003).

Preacondicionado

El preacondicionado consiste en someter a los frutos a temperaturas moderadas previamente a su frigoconservación. En diferentes frutos ha sido reportado un efecto beneficioso del preacondicionado para reducir los daños por frío aplicando temperaturas inferiores a 30°C.

Este efecto ha sido observado en frutos como melón (Jung, 2000) (Risse et al., 1990) o mandarinas Fortune (Gonzalez Aguilar et al., 2000). En pomelo, este efecto de control de los daños por frío ha sido asociado con un control de las pérdidas de agua (McDonald et al., 1993) y más recientemente con la activación de enzimas envueltas en modificaciones de los lípidos de membrana (Sapitnitshaya et al., 2006).

No se han encontrado estudios del efecto del preacondicionado en otras variedades de caqui. En cv. Rojo Brillante, solo se dispone de la información aportada por Arnal (2003) quién aplicando un preacondicionado durante 2 o 3 días a 15°C obtuvo firmezas más elevadas del fruto tras 10 días de conservación a 1°C, si bien este efecto no fue observado para conservaciones más prolongadas.

Baños de agua caliente y Curado

Los tratamientos de calor a temperaturas superiores a 30°C se han mostrado efectivos en la reducción de la susceptibilidad de diferentes frutos a los daños por frío. Este fenómeno ha sido observado en tratamientos con aire caliente (curado) en frutos como mango (McCollum et al., 1993), uva (Sapitnitskaya et al., 2006), papaya (Tijskens et al., 2003), manzana (Lurie et al., 1990), melocotón (Xu-ChuanLai et al., 2005) tomate (Vlachonasios et al., 2001). Tratamientos con agua caliente (baños de agua) también se han mostrado efectivos en el control de daños por frío de frutos como tomates (Ilic y Fallik, 2005), granada (Mirdehghan y Rahemi, 2005), naranjas (Erkan et al., 2005) o aguacate (Woolf et al., 1997).

En caqui los tratamientos de calor han sido ensayados principalmente en cv. Fuyu, mostrando un efecto de reducción de daño por frío, reduciendo los síntomas importantes en esta variedad como son la el ablandamiento y la gelificación de la pulpa.

I. Introducción

Este efecto fue observado tanto en tratamientos aplicados en forma de curado (Woolf et al., 1997a, 1997b) como en aquellos aplicados en forma de baños de agua caliente (Burmeister et al., 1997; Lay-Yee et al., 1997).

La aplicación de tratamientos de agua caliente ha mostrado otros efectos positivos en caqui, así Lay-Yee et al. (1997) reportó la capacidad de desinfección de estos tratamientos en la variedad 'Fuyu', mientras que Ben-Arie y Sonogo (1993) observaron en cv. Triumph un efecto de reducción de la astringencia sin detrimento de la firmeza.

En caqui 'Rojo Brillante', la combinación de un preacondicionado (1 día 15°C) más un curado (1 día a 35°C) resultó en firmezas más elevadas durante 10 días de frigoconservación, sin embargo este efecto no fue observado en conservaciones más prolongadas (Arnal, 2003).

El efecto protector de los tratamientos de calor a temperaturas elevadas ha sido principalmente asociado con la síntesis de proteínas de choque térmico (HSP) las cuales proporcionarían termotolerancia al fruto; esto ha sido observado en frutos como tomate (Ilic y Fallik, 2005) o aguacate (Woolf et al., 1995). También parece existir una relación con los cambios provocados por el tratamiento a nivel de membrana; en caqui, Woolf et al. (1997b) relacionaron la tolerancia al frío de frutos cv. Fuyu que habían recibido un tratamiento térmico con cambios en las propiedades físicas de las paredes celulares.

Los efectos beneficiosos obtenidos mediante la aplicación de tratamientos térmicos en numerosos frutos climatéricos, así como en otras variedades de caqui, hace que el estudio de estos tratamientos sea de interés como posible alternativa para el control de los daños por frío en el cv. Rojo Brillante.

1.3.3.2. Conservación a Temperaturas Moderadas

Como se ha mencionado anteriormente, la conservación de caqui 'Rojo Brillante' a bajas temperaturas presenta serias dificultades debido a la sensibilidad a sufrir daños por frío.

Si bien la aplicación de 1-MCP para el control de los daños por frío resulta efectiva, la aplicación comercial del mismo ha sido autorizada en España recientemente (Mayo del 2007).

Por este motivo, la conservación del caqui 'Rojo Brillante' se ha realizado hasta el momento a temperaturas moderadas, cercanas a 15°C, sin embargo esta temperatura es demasiado alta para permitir periodos prolongados de almacenamiento, no siendo superados los 20 días de conservación. El periodo de conservación alcanzado también estará influido por el estado de madurez del fruto, habiéndose observado que el tiempo de almacenamiento se reduce cuando la fruta es recolectada a principio de campaña respecto a fruta de final de campaña (Salvador et al., 2005a).

Diferentes métodos han sido ensayados experimentalmente para prolongar la conservación de caqui 'Rojo Brillante' a temperaturas moderadas: radiaciones ionizantes, ozono, oxígeno ionizado o aplicación de 1-MCP.

No se observó un efecto positivo de las radiaciones ionizantes en la conservación del fruto, sin embargo la aplicación de oxígeno ionizado (Arnal, 2003), ozono (Salvador et al., 2006a) o 1-MCP (Salvador et al., 2004b), resultaron en una mejoría de la conservación a 15°C, permitiendo prolongar el almacenamiento del fruto hasta 30-35 días frente a los 15-20 de la fruta no tratada. Cabe mencionar que el efecto positivo del ozono en prolongar la conservación dependió de la fecha de recolección.

En otras variedades de caqui ha sido ensayado con éxito el uso de atmósferas con bajo contenido en oxígeno o/y alto contenido en CO₂, bien en forma de atmósferas modificadas (AM) o de atmósferas controladas (AC) (Tanaka et al., 1971; Kitagawa y Glucina, 1984; Park y Kader, 1997).

El uso de atmósferas controladas presupone mantener el producto vegetal en un ambiente más pobre en O₂ y más rico en CO₂ que una atmósfera normal. Cuando la composición de la atmósfera se controla de forma precisa y por medios externos, se aplica específicamente la denominación de Atmósfera Controlada. En cambio, cuando no se lleva a cabo un control preciso de las concentraciones de gases (como ocurre, por

I. Introducción

ejemplo, en los productos envasados en embalajes plásticos), se habla de *Atmósfera Modificada*.

Kader (2003) cita los siguientes efectos beneficiosos de las atmósferas controladas sobre productos hortofrutícolas: retraso de los procesos de maduración y senescencia, reducción de la sensibilidad del fruto a la acción del etileno, alivio de ciertos desórdenes fisiológicos relacionados con los daños por frío, control de podredumbres y control de insectos en ciertos productos.

La utilización de atmósferas modificadas para mejorar la conservación a temperaturas moderadas fue ensayada en caqui cv. *Triumph*, donde retardó el ablandamiento y tuvo un efecto de eliminación de astringencia (Pesis et al., 1986), sin embargo, la acumulación de etanol en el interior del envase fue un factor limitante ya que provocó el desarrollo de malos sabores.

En la variedad no astringente '*Fuyu*' varios autores encontraron que la aplicación de atmósferas controladas resultó beneficiosa en el mantenimiento de su calidad. Condiciones de oxígeno muy bajas (Tanaka et al., 1971), así como la combinación de bajos niveles de O₂ y altos de CO₂ (Park y Kader, 1997, Kitagawa y Glucina, 1984) se mostraron efectivas en el almacenamiento de caqui por largos periodos de tiempo, retrasando su ablandamiento e incluso reduciendo en ocasiones el ennegrecimiento de la pulpa.

En caqui '*Triumph*' el uso de atmósferas controladas resultó en un retraso en el ablandamiento y una reducción de la astringencia durante el almacenamiento, sin embargo el nivel de CO₂ requerido para alcanzar estos objetivos causó pardeamiento interno y malos sabores (Guelfat-Reich et al., 1975; Ben-Arie et al., 1991).

En la variedad '*Rojo Brillante*' no se han encontrado estudios que hagan referencia al efecto de la aplicación atmósferas modificadas o atmósferas controladas durante la conservación del fruto.

1.3.4. COMERCIALIZACIÓN

La confección de los frutos de caqui previamente a su comercialización se realiza en las centrales hortofrutícolas. Para ello los frutos son volcados a una línea de manipulación donde son seleccionados, siendo desechados los frutos magullados, deformados o con presencia de lesiones o afecciones parasitarias; posteriormente son calibrados por uniformidad de tamaño y estadio de madurez.

Para su comercialización los frutos uniformes en tamaño y/o color se disponen en cajas adecuadas, con el tálamo cuadrilobado vuelto hacia abajo, envueltas con llamativas etiquetas típicas del lugar de producción.

Actualmente, una de las principales alteraciones durante la comercialización del caqui 'Rojo Brillante' es la presencia de pardeamiento, llegando a suponer considerables pérdidas desde el punto de vista comercial, ya que no están claras las causas de dicha alteración ni las medidas de control a tomar.

En otras variedades de caqui, la aparición de pardeamiento ha sido relacionada con el tratamiento de desastringencia con altas concentraciones de CO₂. Testoni et al. (1988b) y Zavrtanik et al. (1999) observaron un incremento en la incidencia del pardeamiento interno con el aumento en la concentración de CO₂ y el tiempo de exposición al mismo. Otros autores asociaron el pardeamiento externo con altas concentraciones de nitrógeno en el suelo (Shin et al., 1994) o con bajas concentraciones de calcio en suelo, pulpa o piel del fruto (Choi y Kim, 2001; Kim et al., 2002).

En la experiencia comercial de caqui 'Rojo Brillante' esta alteración ha sido relacionada en ocasiones con el estado de madurez del fruto en el momento de recolección, así como con el paso por línea de confección o con la frigoconservación, pero también ha sido asociada con anómalas concentraciones de CO₂ durante el tratamiento de desastringencia.

Las causas actuales de la aparición de pardeamiento durante la comercialización de caqui 'Rojo Brillante' no se conocen, por lo que el estudio de esta alteración y la implicación de los factores como condiciones de desastringencia, así como diferentes condiciones de manipulación y posterior comercialización es de gran importancia.

II. OBJETIVOS

El **objetivo general** de esta Tesis es la mejora de la tecnología postcosecha de caqui 'Rojo Brillante' para consumo en fresco, evaluando por una parte las condiciones del tratamiento de desastringencia, conservación y comercialización que influyen en la calidad del fruto en el momento de consumo y por otra estudiando los cambios fisiológicos y microestructurales que sufre el fruto al ser sometido a dicha tecnología. Con todo ello se pretende incorporar nuevos conocimientos al área postcosecha del caqui 'Rojo Brillante' que sirvan de herramienta al Sector para llevar a cabo una manipulación que permita obtener un fruto de elevada calidad que satisfaga las expectativas del consumidor.

Para la consecución de este objetivo general fueron planteados los siguientes **objetivos específicos**:

1. **Objetivo 1.** Estudio de los cambios fisiológicos y microestructurales durante la maduración y desastringencia de caqui 'Rojo Brillante'
2. **Objetivo 2.** Optimización del tratamiento de desastringencia del caqui 'Rojo Brillante' en función del estado de madurez del fruto y de las condiciones de manipulación.
3. **Objetivo 3.** Estudio de tratamientos precosecha y postcosecha para controlar los síntomas de daño por frío y prolongar la conservación de caqui 'Rojo Brillante'.
4. **Objetivo 4.** Estudio de la aparición de pardeamiento durante la manipulación postcosecha de caqui 'Rojo Brillante'; factores implicados y control de dicha alteración.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

Para la consecución de cada uno de los objetivos específicos planteados en el Capítulo II. 'Objetivos', fueron llevadas a cabo las siguientes experiencias:

1. Objetivo 1. Estudio de los cambios fisiológicos y microestructurales durante la maduración y desastringencia de caqui 'Rojo Brillante'

1.1. Caracterización fisiológica y microestructural de diferentes estados de madurez en el periodo de recolección de caqui 'Rojo Brillante'.

2. Objetivo 2. Optimización del tratamiento de desastringencia del caqui 'Rojo Brillante' en función del estado de madurez del fruto y de las condiciones de manipulación.

2.1. Caracterización y optimización del tratamiento de desastringencia de caqui 'Rojo Brillante' en función del estado de madurez.

2.2. Optimización del tratamiento de desastringencia, basado en concentraciones de CO₂ del 95%, en función del estado de madurez de caqui 'Rojo Brillante'.

2.3. Estudio fisiológico y microestructural de la eficacia del tratamiento de desastringencia con altas concentraciones de CO₂ durante la conservación de caqui 'Rojo Brillante' a 15°C.

3. Objetivo 3. Estudio de tratamientos precosecha y postcosecha para controlar los síntomas de daño por frío y prolongar la conservación de caqui 'Rojo Brillante'.

- 3.1. Efecto de la aplicación de Atmósferas Controladas en la conservación de caqui 'Rojo Brillante' a 15°C.
- 3.2. Estudio microestructural del efecto del 1-Metilciclopropeno durante la conservación a 1°C de caqui 'Rojo Brillante'.
- 3.3. Estudio del uso combinado de tratamientos precosecha y postcosecha para mejorar la conservación de caqui 'Rojo Brillante'.
- 3.4. Efecto de tratamientos de agua caliente en la conservación frigorífica de caqui 'Rojo Brillante'.
- 3.5. Efecto de tratamientos de curado en la conservación frigorífica de caqui 'Rojo Brillante'.

4. Objetivo 4. Estudio de la aparición de pardeamiento durante la manipulación postcosecha de caqui 'Rojo Brillante'; factores implicados y control de dicha alteración.

- 4.1. Efecto de la línea de confección y condiciones del tratamiento de desastringencia en el pardeamiento de caqui 'Rojo Brillante'.
- 4.2. Efecto del atemperado previo a la confección en el pardeamiento de caqui 'Rojo Brillante'.
- 4.3. Efecto del momento de paso por línea de confección en el pardeamiento de caqui 'Rojo Brillante'.

A continuación se presenta el Material Vegetal y Diseño Experimental de cada una de las experiencias realizadas, así como las Determinaciones Analíticas llevadas a cabo.

III.1. MATERIAL VEGETAL Y DISEÑO EXPERIMENTAL

III.1.1. OBJETIVO 1. ESTUDIO DE LOS CAMBIOS FISIOLÓGICOS Y MICROESTRUCTURALES DURANTE LA MADURACIÓN Y DESASTRINGENCIA DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'

III.1.1.2. Caracterización fisiológica y microestructural de diferentes estados de madurez en el periodo de recolección de caqui 'Rojo Brillante'

Frutos de caqui 'Rojo Brillante' fueron recolectados en la Alcudia (Valencia, España), en dos campañas diferentes correspondientes a los años 2004-2005 y 2005-2006, utilizándose la coloración externa del fruto como índice de madurez para determinar el momento de recolección. Durante la campaña 2004-2005 se realizaron 6 recolecciones entre los meses de Octubre a Diciembre, de forma que fueron recolectados 6 estados diferentes de madurez, desde el estado de madurez MI (verde-amarillo) al estado MVI (naranja-rojo). En la campaña 2005-2006 fueron realizadas únicamente tres recolecciones, con la finalidad de corroborar las características de los estados de madurez estudiados en la campaña anterior.

Tras su recolección, los frutos fueron transportados al Centro de Tecnología Postcosecha del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), donde fueron seleccionados para evitar presencia de heridas y obtener homogeneidad de color. Para cada uno de los estados se seleccionaron 3 muestras homogéneas de 20 frutos cada una y transcurridas aproximadamente 24h a temperatura ambiente fueron tratadas para la eliminación de la astringencia. Posteriormente, se mantuvieron 3 días a 15°C en aire libre de CO₂. El tratamiento de desastringencia con CO₂ fue realizado en condiciones estándar (95% CO₂, 20°C, 24h) en cabinas de flujo continuo (H.R. 90%).

En recolección y después del tratamiento con CO₂ más 3 días a 15°C fueron analizados los siguientes parámetros: firmeza, color, astringencia, sólidos solubles

III. Material y Métodos

totales, pH, producción de etileno, respiración y pérdida de peso. La astringencia fue evaluada mediante el análisis de taninos solubles (TS), producción de acetaldehído (AcH) y etanol (EtOH), siendo completada con la evaluación sensorial de las muestras tras el tratamiento de desastringencia.

Durante la campaña 2004-2005 se realizó, en recolección y tras desastringencia, un estudio microestructural de la pulpa de fruta en los diferentes estados de madurez. Tras la desastringencia el estudio fue completado con los análisis de actividad de las enzimas pectinmelilesterasa (PME) y poligalacturonasa (PG).

Tabla III.1.1.2.1. Estados de madurez de frutos de caqui 'Rojo Brillante' caracterizados en dos campañas consecutivas y condiciones de desastringencia y comercialización aplicadas.

Campaña		Condiciones	Periodo
2004-2005	2005-2006	desastringencia	comercialización
M I			
M II			
M III	M III'	95% CO ₂	3 días a 15°C
M IV		(24h, 20°C)	
M V	M V		
M VI	M VI		

III.1.2. OBJETIVO 2. OPTIMIZACIÓN DEL TRATAMIENTO DE DESASTRINGENCIA DEL CAQUI 'ROJO BRILLANTE' EN FUNCIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ DEL FRUTO Y DE LAS CONDICIONES DE MANIPULACIÓN

III.1.2.1. Caracterización y optimización del tratamiento de desastringencia de caqui 'Rojo Brillante' en función del estado de madurez

Frutos de caqui 'Rojo Brillante' fueron recolectados en L'Alcudia (Valencia, España) en tres momentos diferentes de la campaña comercial 2005-2006. Las diferentes recolecciones tuvieron lugar entre los meses de Octubre a Diciembre, obteniéndose de esta manera fruta en tres estados diferentes de madurez (MII, MIII y MV). Tras cada una de las cosechas los frutos fueron transportados al Centro de Tecnología Postcosecha del IVIA, donde fueron seleccionados para evitar la presencia de heridas y obtener homogeneidad de tamaño y color. Posteriormente se crearon 4 lotes homogéneos de 300 frutos cada uno y se mantuvieron a Tª ambiente.

Al día siguiente se aplicó el tratamiento de desastringencia, sometiendo a la fruta a concentraciones de CO₂ de 80% y 95% en cabinas de flujo continuo a 12°C y 20°C (H.R. 90%). De esta manera fueron ensayados cuatro tratamientos diferentes: 95% CO₂ -20°C (tratamiento estándar), 95% CO₂ -12°C, 80% CO₂ -20°C, 80% CO₂ -12°C. La duración del tratamiento fue en todos los casos de 24h.

Inmediatamente tras la aplicación del tratamiento (día 0), 60 frutos de cada lote fueron analizados; el resto de la fruta fue transferida a una cámara de conservación a 20°C en una atmósfera de aire. Transcurridos 1, 2, 3 y 6 días fueron retirados 60 frutos de cada lote para ser analizados los siguientes parámetros relacionados con la astringencia: producción de acetaldehído y etanol, contenido de taninos soluble e índice de taninos. Para completar los análisis se realizó una evaluación sensorial de la astringencia a cada fruto individualmente (60 frutos) tras 6 días de la aplicación del tratamiento de CO₂ en el caso de fruta en estado de madurez MII, y diariamente tras el tratamiento de fruta en estado MIII y MV. La escala de astringencia utilizada fue: no astringente, ligeramente astringente, astringente.

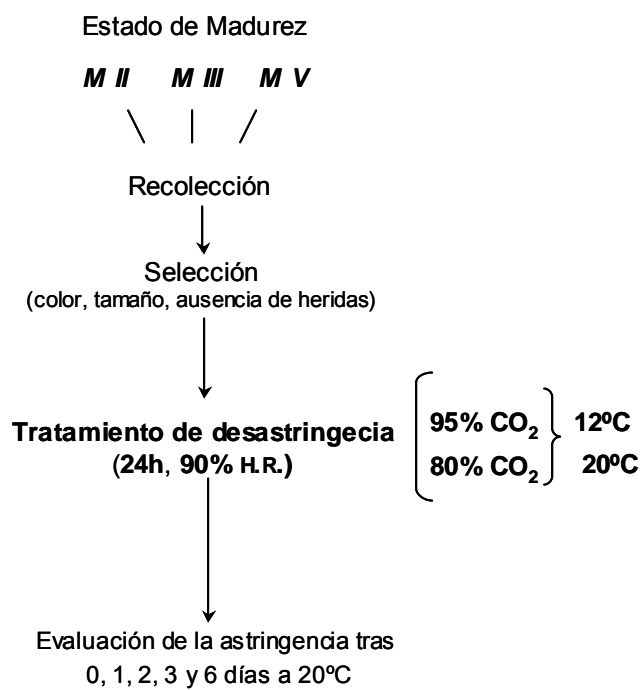


Figura III.1.2.1.1. Ensayo realizado con la finalidad de caracterizar el proceso de desastringencia de frutos de caqui 'Rojo Brillante' en función del estado de madurez.

III.1.2.2. Optimización del tratamiento de desastringencia, basado en concentraciones de CO₂ del 95%, en función del estado de madurez de caqui 'Rojo Brillante'

Frutos de caqui 'Rojo Brillante' fueron recolectados en L'Alcudia (Valencia, España) en tres momentos diferentes de la campaña comercial 2006-2007. Las diferentes recolecciones tuvieron lugar entre los meses de Octubre a Diciembre, obteniéndose de esta manera fruta en tres estados diferentes de madurez (MII, MIII y MV). Tras cada una de las cosechas los frutos fueron transportados al Centro de Tecnología Postcosecha del IVIA, donde fueron seleccionados para evitar la presencia de heridas y obtener homogeneidad de tamaño y color. Posteriormente se crearon 3 lotes homogéneos de 300 frutos cada uno y se mantuvieron a T^a ambiente.

Al día siguiente se aplicó el tratamiento de desastringencia sometiendo a la fruta a concentraciones de CO₂ del 95% en cabinas de flujo continuo a 20°C (H.R. 90%). La duración del tratamiento varió para cada uno de los lotes, siendo ensayadas duraciones de 12h, 18h y 24h.

Inmediatamente tras la aplicación del tratamiento (día 0), 60 frutos de cada lote fueron analizados, el resto de la fruta fue transferida a una cámara de conservación a 20°C en una atmósfera de aire. Transcurridos 1, 2, 3 y 6 días a 20°C fueron retirados 60 frutos de cada lote para ser analizados los siguientes parámetros relacionados con la astringencia: producción de acetaldehído y etanol, contenido de taninos soluble e índice de taninos. Para completar los análisis se realizó diariamente una evaluación sensorial de la astringencia a cada fruto individualmente (60 frutos). La escala de astringencia utilizada fue: no astringente, ligeramente astringente, astringente.

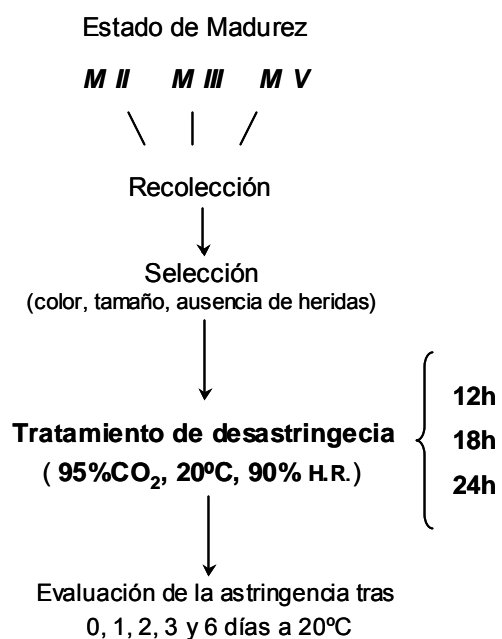


Figura III.1.2.2.1. Ensayo realizado con la finalidad de estudiar la efectividad de distintas duraciones del proceso de desastringencia, basado en concentraciones de CO₂ del 95%, en función del estado de madurez de frutos de caqui 'Rojo Brillante'.

III.1.2.3. Estudio fisiológico y microestructural de la eficacia del tratamiento de desastringencia con altas concentraciones de CO₂ durante la conservación de caqui 'Rojo Brillante' a 15°C

Frutos de caqui 'Rojo Brillante' fueron recolectados en L'Alcudia (Valencia, España) e inmediatamente fueron transportados al Centro de Tecnología Postcosecha del IVIA, donde fueron seleccionados para evitar la presencia de heridas y obtener homogeneidad de tamaño y color. Posteriormente se formaron lotes homogéneos de 20 frutos cada uno. A la mitad de estos lotes se le aplicó el tratamiento de desastringencia con altas concentraciones de CO₂, tras lo cual fueron transferidos a una cámara de conservación a 15°C (H.R. 90%); a este grupo de lotes le denominó Tratamiento 1 (T1). La otra mitad de los lotes fueron directamente transferidos a una cámara de conservación a 15°C y se les denominó Tratamiento 2 (T2).

Transcurridos 10, 20, 30 y 40 días de conservación a 15°C, dos lotes de cada tratamiento fueron retirados de la cámara. Uno de los lotes fue analizado directamente. El segundo lote del T1 fue transferido directamente a 20°C para simular la comercialización. Al segundo lote del T2 se le aplicó el tratamiento de desastringencia con altas concentraciones de CO₂ y posteriormente se transfirió a temperatura de 20°C para simular un periodo de comercialización de 5 días.

Tras los diferentes periodos de conservación a 15°C, así como tras las subsiguientes comercializaciones se determinó la firmeza, el color y el nivel de astringencia de los frutos. Para determinar la astringencia se realizaron los siguientes análisis: contenido de taninos solubles, índice de taninos, producción de acetaldehído, y se realizó una evaluación sensorial de los frutos. Estos análisis fueron completados con un estudio de los cambios microestructurales del fruto, mediante la técnica de Cryo-microscopía electrónica de barrido (Cryo-SEM) y microscopía electrónica de barrido (SEM).

El tratamiento de desastringencia con CO₂ fue realizado en condiciones consideradas estándar, sometiendo a la fruta durante 24h a concentraciones de CO₂ del 95% en cabinas de flujo continuo a 20°C (H.R. 90%).

III. Material y Métodos

Tabla III.1.2.3.1. Ensayo realizado para conocer la eficacia del tratamiento de desastringencia durante la conservación a 15°C de frutos de caqui 'Rojo Brillante'.

Tratamiento	TD	Momento TD	Conservación	Comercialización
T1 (TD + C)	95% CO ₂ (24h,20°C)	Antes de C	10, 20, 30, 40 días a 15°C	5 días a 20°C
T2 (C + TD)		Después de C		

TD - tratamiento de desastringencia

C - conservación

III.1.3. OBJETIVO 3. ESTUDIO DE TRATAMIENTOS PRECOSECHA Y POSTCOSECHA PARA CONTROLAR LOS SÍNTOMAS DE DAÑO POR FRÍO Y PROLONGAR LA CONSERVACIÓN DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'

III.1.3.1. Efecto de la aplicación de Atmósferas Controladas en la conservación de caqui 'Rojo Brillante' a 15°C

Frutos de caqui 'Rojo Brillante' fueron recolectados en L'Alcudia (Valencia, España). Inmediatamente fueron transportados a la cooperativa de L'Alcudia donde fueron seleccionados para evitar la presencia de heridas, obtener homogeneidad de tamaño y color, y ser confeccionados en cajas de cartón (en monocapas sobre alvéolos de plástico). Un palet de esta fruta ya confeccionada fue llevada al Centro de Tecnología Postcosecha del IVIA y fue introducido en una cámara de conservación a 15°C (atmósfera de aire, 90% H.R.) para actuar como fruta control (CTL). Dos palets de características similares fueron llevados a la empresa TECNIDEX donde se aplicaron los tratamientos de conservación bajo atmósfera controlada. La temperatura de conservación fue de 15°C y las atmósferas ensayadas fueron las siguientes:

Atmósfera 1 (AT-1): 10% CO₂ + 90% N₂

Atmósfera 2 (AT-2): 95-97% N₂ + aire

Transcurridos 10, 20, 30 y 40 días de conservación, tres cajas fueron retiradas de cada una de las cabinas de atmósferas controladas en Tecnidex (AT-1 y AT-2), así como de la cámara de conservación del IVIA (CTL).

Una caja de fruta de cada tipo fue analizada directamente, otra fue transferida a 20°C para simular un periodo de comercialización de 5 días, y la tercera caja fue sometida al tratamiento de desastringencia en condiciones estándar (95% CO₂, 20°C, 24h, H.R. 90%). De este modo, tras el periodo de comercialización se contaba con cinco lotes correspondientes a los siguientes tratamientos: CTL, AT-1, AT-2, AT-1-TD, AT-2-TD. (TD- tratamiento de desastringencia previo al periodo de comercialización)

Tras los diferentes periodos de conservación a 15°C, así como tras los correspondientes periodos de comercialización se realizaron determinaciones de firmeza, color,

III. Material y Métodos

producción de CO₂ y etileno, sólidos solubles totales, pH, volátiles (acetaldehído y etanol), y astringencia (taninos solubles, índice de taninos y análisis organoléptico).

Tratamiento	Atmósfera Controlada a 15°C	Tratamiento Desastringencia	Comercialización
CONTROL	Atmósfera convencional (Aire)	95% CO ₂ (20°C, 24h)	5 días a 20°C
AT-1-TD	10% CO ₂ + 90% N ₂	95% CO ₂ (20°C, 24h)	5 días a 20°C
AT-2-TD	95-97% N ₂ + aire	95% CO ₂ (20°C, 24h)	5 días a 20°C
AT-1	10% CO ₂ + 90% N ₂	Sin tratamiento	5 días a 20°C
AT-2	95-97% N ₂ + aire	Sin tratamiento	5 días a 20°C

Tabla III.1.3.1.1. Atmósferas controladas ensayadas durante la conservación a 15°C de frutos de caqui 'Rojo Brillante'.

III.1.3.2. Estudio microestructural del efecto del 1-Metilciclopropeno durante la conservación a 1°C de caqui 'Rojo Brillante'

Frutos de caqui 'Rojo Brillante' fueron recolectados en L'Alcudia (Valencia, España) e inmediatamente fueron transportados al Centro de Tecnología Postcosecha del IVIA, donde fueron seleccionados para evitar la presencia de heridas y obtener homogeneidad de tamaño y color. Posteriormente se crearon lotes homogéneos de 20 frutos y se mantuvieron a T^a ambiente. Al día siguiente la mitad de los lotes fueron tratados con 1-Metilciclopropeno (1-MCP) y posteriormente transferidos a una cámara de conservación a 1°C (90% H.R). La otra mitad de los lotes no recibió el tratamiento con 1-MCP y fueron transferidos directamente a la cámara de conservación a 1°C, para actuar como fruta control.

Transcurridos 10, 20, 30 y 40 días de conservación, dos lotes de cada tipo (fruta control y fruta tratada con 1-MCP) fueron retirados de la cámara de conservación. Tras un periodo de atemperado de la fruta de 8h a T^a ambiente, uno de los lotes fue analizado directamente, mientras que al otro lote se le aplicó el tratamiento de desastringencia con altas concentraciones de CO₂ para posteriormente simular un periodo de comercialización de 5 días a 20°C.

Tras los diferentes periodos de conservación a 1°C, así como tras sus correspondientes periodos de comercialización fue llevado a cabo un estudio microestructural de la pulpa de los frutos, así como el análisis de los siguientes parámetros: firmeza de la pulpa, índice de color, producción de acetaldehído y etanol, contenido de taninos solubles y sólidos solubles totales. Tras el periodo de comercialización también se realizaron mediciones de producción de etileno y CO₂.

El estudio microestructural de las muestras fue realizando mediante la técnica de microscopia electrónica de barrido (SEM).

El tratamiento de desastringencia fue realizado en condiciones consideradas estándar, sometiendo a la fruta durante 24h a concentraciones de CO₂ del 95% en cabinas de flujo continuo a 20°C (90% H.R).

El tratamiento con 1-MCP fue aplicado a una concentración de 500 nL L⁻¹ durante 24h a 1°C en cabinas estancas. El 1-MCP (SmartFresh™), provisto por AgroFresh Inc. (Rhom and Haas Inc., Gessate, Italy), presentó una formulación en polvo con un 0.14 % de ingrediente activo. La adición de agua permite la liberación del ingrediente activo, 1-Metilciclopropeno. Tras calcular la cantidad necesaria de producto comercial para obtener la concentración deseada de 1-MCP en la cabina, fue pesada

III. Material y Métodos

dicha cantidad e introducida en un frasco de 125 mL provisto de un septum en su parte superior que fue sellado herméticamente. A través del septum se introdujeron 16 mL de agua mili-Q /g de producto y se mantuvo en agitación en un baño de agua a 40°C hasta que desapareció la turbidez (aproximadamente 40min). En este momento el frasco fue introducido dentro de la cabina y abierto inmediatamente antes de proceder al cerrado de la misma. La cabina se mantuvo sellada durante 24h y la temperatura en su interior fue 1°C.

Tabla III.1.3.2.1. Tratamiento de 1-MCP y condiciones de conservación y comercialización ensayadas para el estudio del efecto del 1-MCP en el control de los daños por frío de caqui 'Rojo Brillante'.

Tratamiento	1-MCP	Conservación	TD	Comerc.
Control (CTL)	Sin tratamiento	10, 20, 30, 40 días a 1°C	95% CO ₂ (20°C, 24h)	5 días 20°C
1- MCP	500 nL L ⁻¹ (24h ,1°C)			

TD: Tratamiento de desastringencia

Comerc : Periodo de Comercialización

III.1.3.3. Estudio del uso combinado de tratamientos precosecha y postcosecha para mejorar la conservación de caqui 'Rojo Brillante'

Árboles del caqui cv. Rojo Brillante pertenecientes a una misma parcela de L'Alcudia (Valencia, España) fueron tratados con ácido giberélico (GA_3) o con nitrato cálcico ($Na(CO_3)_2$). Otros árboles no fueron tratados y fueron considerados como control. La aplicación de los tratamientos fue realizada en forma foliar en el momento de cambio de color del fruto, teniendo en cuenta una distancia de seguridad entre árboles, con el fin de evitar contaminación cruzada entre tratamientos. El ácido giberélico se aplicó en dos dosis independientes de $50 \mu L L^{-1}$, 48 días y 35 días antes de la recolección. El nitrato cálcico a una concentración del 2% fue aplicado en una única dosis 48 días antes de la recolección.

La fruta fue recolectada en el mes de Noviembre, y transportada al Centro de Tecnología Postcosecha del IVIA. Tras la selección de la fruta para evitar la presencia de daños externos, se formaron lotes homogéneos de 20 frutos cada uno. La mitad de los lotes de cada tratamiento precosecha (control, GA_3 y nitrato cálcico) fue tratada con 1-MCP, la otra mitad no fue tratada y sirvió como control. De esta manera se ensayaron 6 tratamientos:

- fruta control, fruta sin tratamiento precosecha ni postcosecha
- fruta tratada en precosecha con GA_3
- fruta tratada en precosecha con nitrato cálcico
- fruta no tratada en precosecha pero tratada en postcosecha con 1-MCP
- fruta tratada en precosecha con GA_3 y tratada en postcosecha con 1-MCP
- fruta tratada en precosecha con nitrato cálcico y tratada en postcosecha con 1-MCP.

La mitad de los lotes de cada tratamiento fueron conservados a $1^\circ C$ y la otra mitad a $15^\circ C$ (H.R 90%). Transcurridos 20 días de conservación, y con una periodicidad de 10 días, dos lotes de cada tipo fueron retirados de las cámaras de conservación. Uno de los lotes fue analizado directamente y el otro fue sometido a un tratamiento de desastringencia. Finalizado el tratamiento la fruta fue mantenida a T^a ambiente en una atmósfera de aire durante 12h y posteriormente transferida a temperatura de $20^\circ C$ para simular un periodo de comercialización de 5 días.

III. Material y Métodos

El tratamiento de desastringencia fue realizado en condiciones consideradas estándar, sometiendo a la fruta durante 24h a concentraciones de CO₂ del 95% en cabinas de flujo continuo a 20°C.

El tratamiento con 1-MCP fue aplicado, previamente a la conservación, manteniendo la fruta durante 24h en cámaras estancas con una concentración de 1-MCP en el interior de las mismas de 500nL L⁻¹. La temperatura de aplicación fue de 1°C ó 15°C de acuerdo a la temperatura de la posterior conservación.

Tras la cosecha, tras los diferentes periodos de conservación a 1°C ó 15°C (antes de la aplicación del tratamiento de desastringencia), así como tras el periodo de comercialización, fueron evaluados los siguientes parámetros: firmeza de la pulpa, color externo, pH, sólidos solubles totales y contenido de taninos solubles, producción de acetaldehído y pérdida de peso. Tras el periodo de comercialización estos análisis fueron completados mediante la evaluación sensorial de la astringencia, y fueron realizadas mediciones de producción de etileno y CO₂.

TRATAMIENTO	Tratamiento Precosecha	Tratamiento Postcosecha
Control	Sin tratamiento	Sin tratamiento
Nitrato Cálculo	Nitrato Cálculo (2%)	Sin tratamiento
Ácido giberélico (GA₃)	GA ₃ (2dosis-50 µL L ⁻¹)	Sin tratamiento
Control-1-MCP	Sin tratamiento	1-MCP (500 nL L ⁻¹)
Nitrato Cálculo-1-MCP	Nitrato Cálculo (2%)	1-MCP (500 nL L ⁻¹)
GA₃-1-MCP	GA ₃ (2dosis-50 µL L ⁻¹)	1-MCP (500 nL L ⁻¹)

Tabla III.1.3.3.1. Tratamientos precosecha y postcosecha ensayados para conocer su efecto durante la conservación a 1°C de frutos de caqui 'Rojo Brillante'.

III.1.3.4. Efecto de tratamientos de agua caliente en la conservación frigorífica de caqui 'Rojo Brillante'

Frutos de caqui 'Rojo Brillante' fueron recolectados en L'Alcudia (Valencia) en tres momentos diferentes de la campaña comercial que en esta variedad comprende desde el mes de Octubre a Diciembre: principio, mitad y final de campaña. Tras la recolección los frutos fueron transportados a la estación experimental del IVIA, donde fueron seleccionados para evitar la presencia de heridas y obtener homogeneidad de tamaño y color. Posteriormente se formaron lotes homogéneos de 20 frutos y se mantuvieron a Tª ambiente.

Al día siguiente cada uno de los lotes recibió el tratamiento correspondiente de agua caliente: temperatura del baño (45°C, 50°C ó 55°C) - duración del baño (2.5, 5, 10, 20, 30 min). En fruta recolectada a mitad y final de campaña también fueron ensayadas duraciones del baño de 40 min para cada una de las temperaturas. Para ello la fruta se introdujo en cestillas metálicas y se sumergió en un baño termostatado a la temperatura deseada. Transcurrido el tiempo predeterminado, la fruta fue sacada del baño y tras 5 min a Tª ambiente se secó suavemente con papel. En este momento se realizó un examen visual externo de la fruta. Al cabo de 1.30 - 2 horas la fruta fue transferida a una cámara a 1°C para su conservación. Fruta no bañada fue introducida directamente en la cámara de 1°C para actuar como control.

Tras 32 días la fruta fue retirada de la cámara de conservación, y tras ser atemperada a temperatura ambiente durante 12 horas fue sometida al tratamiento de desastringencia con CO₂ y posteriormente transferida a temperatura de 20°C para simular el periodo de comercialización. Tras 4 días a 20°C se determinaron aquellos parámetros directamente relacionados con el daño por frío en esta variedad: firmeza, alteraciones externas e internas y color.

El tratamiento de desastringencia con CO₂ fue realizado en condiciones consideradas estándar, sometiendo a la fruta durante 24h a concentraciones de CO₂ del 95% en cabinas de flujo continuo a 20°C

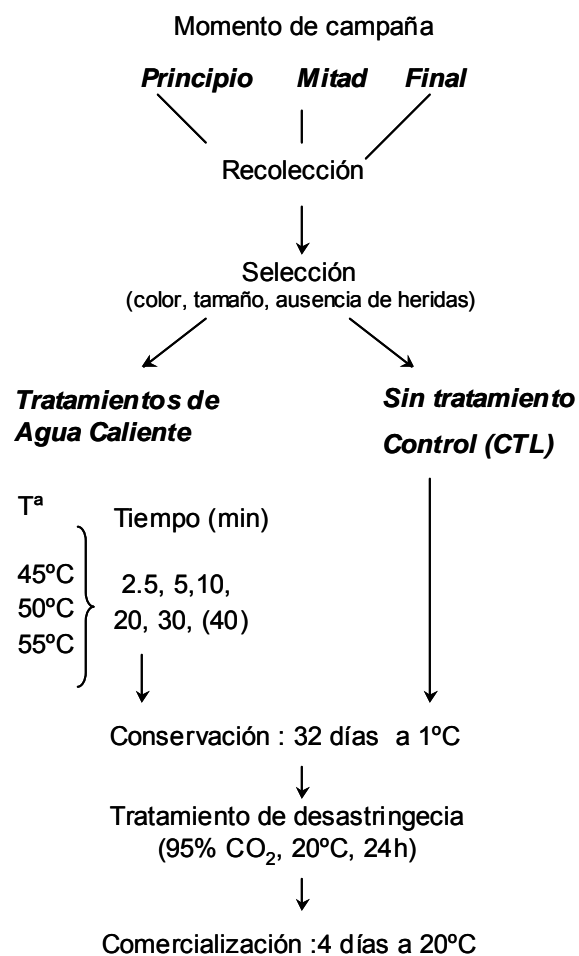


Figura III.1.3.4.1. Ensayo realizado para conocer el efecto de tratamientos de agua caliente en la conservación frigorífica de caqui 'Rojo Brillante'

III.1.3.5. Efecto de tratamientos de curado en la conservación frigorífica de caqui 'Rojo Brillante'

Frutos de caqui 'Rojo Brillante' fueron recolectados en L'Alcudia (Valencia, España), presentando en el momento de recolección un estado de madurez representativo de principio de campaña. Inmediatamente la fruta fue transportada al Centro de Tecnología Postcosecha del IVIA, donde los frutos fueron seleccionados para evitar la presencia de heridas y obtener homogeneidad de tamaño y color. Posteriormente se formaron lotes homogéneos de 25 frutos. Cuatro lotes fueron utilizados como fruta control y transferidos a una cámara de conservación a 1°C (H.R. 90%), con el resto de los lotes se formaron 9 grupos de 4 lotes cada uno, correspondiendo cada grupo a un tratamiento de curado. Las combinaciones temperatura de curado/ tiempo de aplicación ensayadas fueron las siguientes: temperatura (35°, 40° y 45° C) / tiempo (12h, 24h y 48h). Tras recibir los tratamientos de curado la fruta se dejó atemperar durante 24h a Tª ambiente y se transfirió a la cámara de conservación a 1°C (H.R. 90%).

Transcurridos 20 y 30 días de conservación, fueron retirados dos lotes de cada uno de los tratamientos ensayados. Tras un periodo de atemperado de la fruta de 8h a Tª ambiente, uno de los lotes fue analizado directamente, mientras que al otro lote se le aplicó el tratamiento de desastringencia con altas concentraciones de CO₂ para posteriormente simular un periodo de comercialización de 5 días a 20°C.

Toda la experiencia fue realizada por duplicado, siendo los tratamientos para cada una de las réplicas (R1, R2) aplicado en cabinas independientes.

Los tratamientos de curado fueron realizados en el interior de cabinas estancas (60x85x80cm) aplicando un flujo continuo de aire (H.R. 90%) que asegura una renovación del volumen total de la cabina cada hora. La temperatura en el interior de las cabinas fue controlada por un sistema electrónico con el fin de mantenerla constante en todo momento.

Las réplicas R1 de tratamientos de 12h, 24h y 48h para una temperatura determinada recibieron el tratamiento en una misma cabina; transcurrido cada uno de los periodos la fruta correspondiente fue retirada de la cabina y esta fue cerrada inmediatamente para proseguir con aquellos tratamientos más prolongados. Igual procedimiento se siguió con las réplicas R2 de cada temperatura de curado. La atmósfera generada en el interior de las cabinas fue analizada transcurridas 12 horas desde el cerrado de las mismas.

III. Material y Métodos

El tratamiento de desastringencia con CO₂ fue realizado en condiciones consideradas estándar, sometiendo a la fruta durante 24h a concentraciones de CO₂ del 95% en cabinas de flujo continuo a 20°C

Tras el periodo de conservación a 1°C, así como tras los correspondientes periodos de comercialización se llevó a cabo una evaluación visual de las alteraciones externas del fruto y fue realizado el análisis de los siguientes parámetros: firmeza, índice de color, contenido de taninos solubles, índice de taninos, sólidos solubles totales y producción de acetaldehído. Tras el periodo de comercialización se realizó además un análisis visual interno de la fruta y se evaluó la pérdida de peso.

La evaluación de las alteraciones externas del fruto fue realizada de forma visual, siendo utilizada la siguiente escala: ausencia, muy ligeras (superficie del fruto afectada menor del 10%), ligeras (menos del 25% de la superficie del fruto afectada), medias (entre un 25% y 50% de la superficie del fruto afectada) y severas (superficie del fruto afectada mayor del 50%). Los datos fueron presentados como porcentaje de frutos afectados.

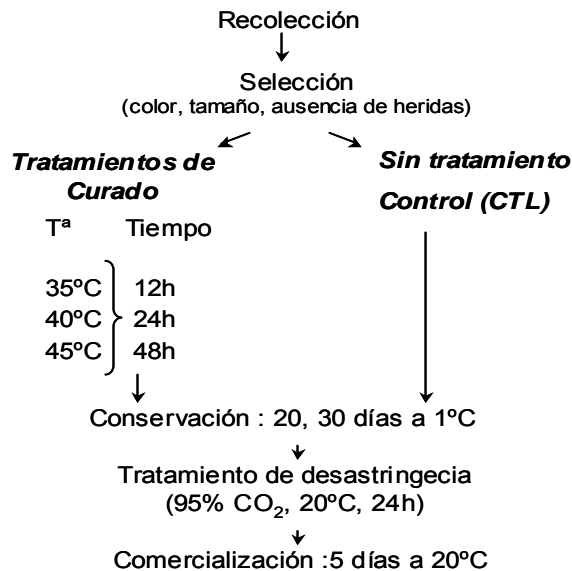


Figura III.1.3.5.1. Ensayo realizado para conocer el efecto de tratamientos de curado en la conservación frigorífica de caqui 'Rojo Brillante'

III.1.4. OBJETIVO 4. ESTUDIO DE LA APARICIÓN DE PARDEAMIENTO DURANTE LA MANIPULACIÓN POSTCOSECHA DE CAQUI ‘ROJO BRILLANTE’; FACTORES IMPLICADOS Y CONTROL DE DICHA ALTERACIÓN

III.1.4.1. Efecto de la línea de confección y condiciones del tratamiento de desastringencia en el pardeamiento de caqui ‘Rojo Brillante’

Frutos de caqui ‘Rojo Brillante’ fueron recolectados en L’Alcudia (Valencia, España), presentando en el momento de recolección un estado de madurez representativo de mitad de campaña. Inmediatamente la fruta fue transportada al Centro de Tecnología Postcosecha del IVIA, donde los frutos fueron seleccionados para evitar la presencia de heridas y obtener homogeneidad de tamaño y color. Posteriormente se formaron lotes homogéneos de 50 frutos y fue aplicado el tratamiento de desastringencia a 20°C, 24h, (H.R 90%), siendo ensayadas concentraciones de 60%, 80% y 95% de CO₂.

Tras el tratamiento de desastringencia, la mitad de los lotes para cada una de las concentraciones de CO₂ ensayadas fueron almacenados en una cámara de conservación a 1°C y la otra mitad a 15°C (H.R 90%). Después de 3 y 18 días de almacenamiento, un lote de fruta de cada tratamiento fue pasado por la línea de confección de la Planta Piloto del IVIA. Tras el paso por línea los frutos se almacenaron durante 7 días a 1°C ó 15°C de acuerdo a la temperatura de conservación, más 3 días a 20°C para propiciar la manifestación de síntomas. Otro lote de cada tratamiento fue sometido a las mismas condiciones de temperatura pero no fue pasado por línea de confección para actuar como fruta control. Tras el periodo de manifestación de síntomas (MS: 7 días a 1°C ó 15°C más 3 días a 20°C) se llevaron a cabo las siguientes determinaciones: pardeamiento externo e interno, índice de color, firmeza de la pulpa y evaluación sensorial de la astringencia.

El pardeamiento externo e interno fue evaluado visualmente de manera individual sobre un total de 50 frutos por tratamiento. El pardeamiento externo se evaluó como presencia o ausencia de pardeamiento. La determinación del pardeamiento interno se realizó utilizando una escala de 0 (ausencia de pardeamiento) a 5 (intensamente pardeado). Los datos fueron expresados como porcentaje de fruta afectada.

La evaluación sensorial de la astringencia fue realizada individualmente a cada uno de los frutos, sobre 50 frutos por tratamiento.

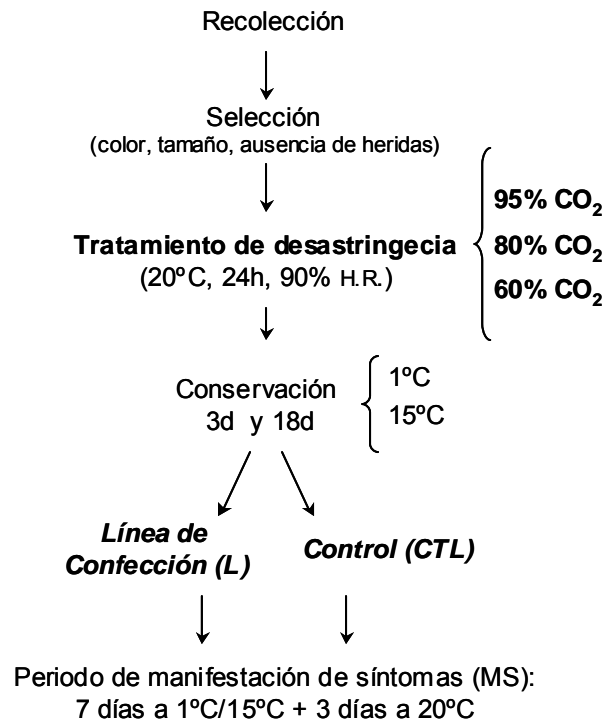


Figura III.1.4.1.1. Ensayo realizado para estudiar el efecto de la línea de confección (L) y condiciones del tratamiento de desastringencia en el pardeamiento de caqui 'Rojo Brillante'.

III.1.4.2. Efecto del atemperado previo a la confección en el pardeamiento de caqui 'Rojo Brillante'

Frutos de caqui 'Rojo Brillante' fueron recolectados en L'Alcudia (Valencia, España), presentando en el momento de recolección un estado de madurez representativo de mitad de campaña. Inmediatamente la fruta fue transportada al Centro de Tecnología Postcosecha del IVIA, donde los frutos fueron seleccionados para evitar la presencia de heridas y obtener homogeneidad de tamaño y color, tras lo que fueron mantenidos a Tª ambiente. Al día siguiente fue aplicado el tratamiento de desastringencia en condiciones estándar (95% de CO₂, 24h, 20°C). Tras recibir el tratamiento los frutos fueron divididos en cuatro lotes homogéneos de 50 frutos cada uno. Tres lotes fueron mantenidos a 15°C (90% HR) durante 2, 12 ó 24 horas respectivamente, previamente a ser pasados por la línea de confección de la Planta Piloto del IVIA. Tras la confección, los frutos se conservaron durante 7 días a 15°C (90% HR) más 3 días a 20°C (90% HR) como simulación del periodo de comercialización. El lote restante, fruta control, no fue pasado por línea de confección y recibió igual tratamiento de desastringencia y temperatura.

Tras el periodo de comercialización a 20°C se realizó la evaluación del pardeamiento interno, firmeza y coloración externa de los frutos.

La determinación del pardeamiento interno se realizó visualmente fruto a fruto utilizando una escala de de 0 (ausencia de pardeamiento) a 5 (intensamente pardeado). El resultado se representó como porcentaje de frutos que mostraban los valores definidos en la escala de pardeamiento.

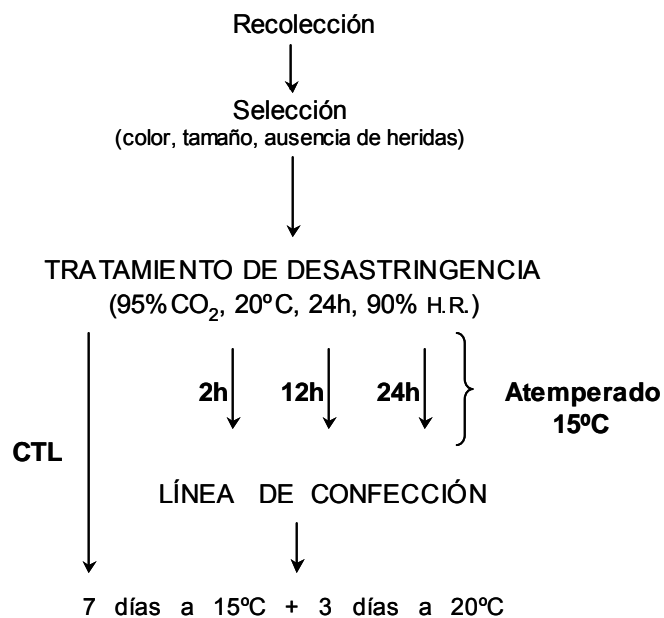


Figura III.4.2.1.1. Ensayo realizado para estudiar el efecto del atemperado previo a la confección en el pardeamiento de caqui 'Rojo Brillante'.

III.1.4.3. Efecto del momento de paso por línea de confección en el pardeamiento de caqui 'Rojo Brillante'

Frutos de caqui 'Rojo Brillante' fueron recolectados en L'Alcudia (Valencia, España), presentando en el momento de recolección un estado de madurez representativo de mitad de campaña. Inmediatamente la fruta fue transportada al Centro de Tecnología Postcosecha del IVIA, donde los frutos fueron seleccionados para evitar la presencia de heridas y obtener homogeneidad de tamaño y color. Posteriormente se crearon 12 lotes homogéneos de 40 frutos.

Seis lotes fueron pasados por línea de confección y posteriormente transferidos a temperaturas de 1°C, 15°C y 20°C (2 lotes a cada temperatura), siendo nombrados respectivamente como tratamiento T1, T2, y T3.

A los 6 lotes restantes se les aplicó el tratamiento de desastringencia en condiciones estándar (95% de CO₂, 20°C, 24h) y posteriormente fueron transferidos a temperaturas de 1°C, 15°C, 20°C (2 lotes = 2 réplicas a cada temperatura), siendo nombrados respectivamente como tratamiento T4, T5, y T6.

Transcurridos 7 días a las correspondientes temperaturas toda la fruta fue retirada de las cámaras. Los tratamientos T1, T2, y T3 se dejaron atemperar 18h a T^a ambiente y posteriormente recibieron el tratamiento de desastringencia en condiciones estándar. Los tratamientos T4, T5, y T6 se dejaron atemperar 18h a T^a ambiente y se pasaron por línea de confección.

En este momento toda la fruta fue transferida a 20°C para ser evaluada al cabo de 7 días, siendo realizados las siguientes determinaciones: pardeamiento externo e interno, índice de color y firmeza de la pulpa.

El pardeamiento externo e interno fue evaluado visualmente fruto por fruto sobre los 40 frutos de cada réplica. El pardeamiento externo se evaluó como presencia o ausencia de pardeamiento. La determinación del pardeamiento interno se realizó utilizando una escala de 0 (ausencia de pardeamiento) a 5 (intensamente pardeado).

Los datos fueron expresados como porcentaje de fruta afectada, obteniéndose las medias de ambas réplicas para cada uno de los tratamientos.

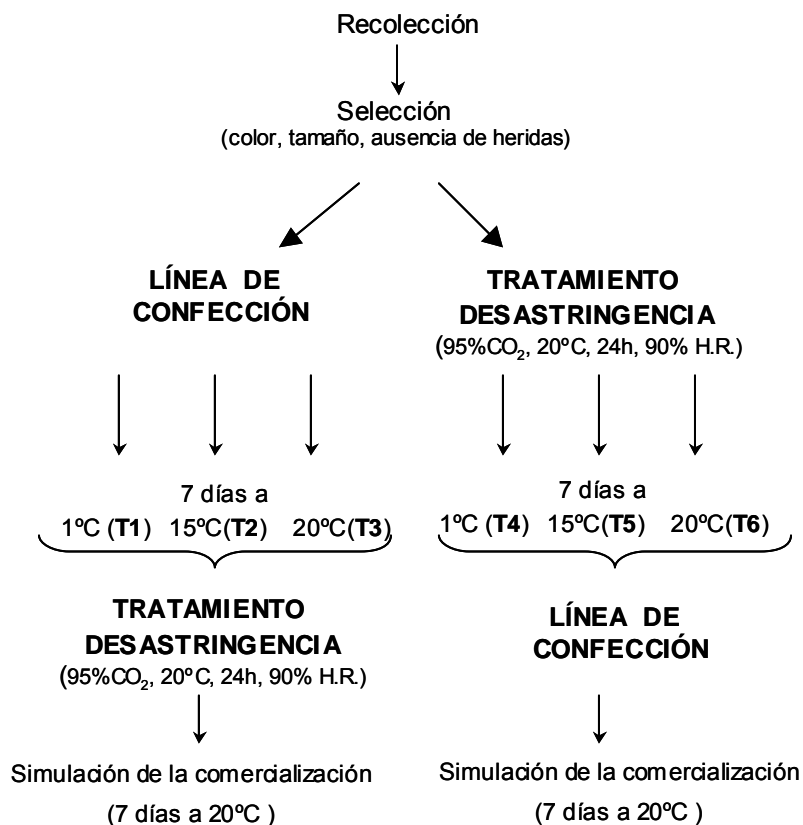


Figura III.1.4.3.1. Ensayo realizado para estudiar el efecto del momento de paso por línea de confección en el pardeamiento de caqui 'Rojo Brillante'

III.2. DETERMINACIONES ANALÍTICAS

III.2.1. FIRMEZA

La firmeza fue evaluada realizando dos mediciones por fruto, en lados opuestos de la zona ecuatorial del mismo a los que previamente se había retirado la piel. Los resultados fueron expresados como fuerza en Newtons (N), necesaria para romper la pulpa, siendo presentada la media de mediciones realizadas sobre 20 frutos por tratamiento.

El instrumento de medición utilizado fue un texturómetro (Instron Corp., mod. 4301, Canton, Mass., U.S.A.), provisto con un punzón de 8 mm de diámetro.

III.2.2. COLOR

El color fue evaluado realizando dos mediciones por fruto, en lados opuestos de la zona ecuatorial del mismo, evitando realizar la medición sobre cualquier defecto de la piel. Los resultados fueron expresados como Índice de Color (IC) $IC = 1000 a / L b$ (Jiménez-Cuesta et al., 1981), siendo presentada la media de mediciones realizadas sobre 20 frutos.

El instrumento de medición utilizado fue un colorímetro portátil (Minolta, mod. CR-300, Ramsey, N.Y., U.S.A), siendo medidos los parámetros de Hunter: L, a, y b. La coordenada 'a' mide la diferencia entre la luz reflejada en la zona roja y verde del espectro y la coordenada 'b' entre las zonas amarilla y azul del espectro. La luminosidad 'L' o claridad puede tomar valores desde 0 (negro ideal) hasta 100 (blanco ideal).

III.2.3. PRODUCCIÓN DE ACETALDEHÍDO (AcH) Y ETANOL (EtOH)

La producción de acetaldehído y etanol fue evaluada a partir de 3 muestras de zumo por tratamiento mediante cromatografía gaseosa de espacio de cabeza (Ke y Kader, 1990).

Para la obtención de los zumos se tomaron 15 frutos de cada tratamiento y se dividieron en tres grupos de 5 frutos cada uno. Se procedió al pelado de los frutos y se utilizó una licuadora para la obtención de los zumos.

Inmediatamente se tomaron 3 muestras de 5 mL de cada zumo, y se introdujeron en viales de 10 mL que fueron sellados, rotulados debidamente y congelados a -21°C hasta el momento del análisis.

En el momento de las determinaciones los viales fueron colocados en un baño a 20°C durante una hora, posteriormente, fueron transferidos a un baño a 60°C durante 10 minutos. A continuación los viales fueron agitados con un vibrador Spinmix durante 5 segundos, fue extraído un 1 mL de gas del espacio de cabeza del vial, con una jeringa Hamilton 1001 LT de 1 mL y se inyectó en un cromatógrafo de gases (Perkin Helmer, mod. 2000, Norwalk Conn., U.S.A.). El cromatógrafo de gases estaba provisto de un detector de ionización de llama (FID) y una columna empacada Poropak QS 80/100 de 1.2 m de longitud y 1/8 de pulgada de diámetro, de acero inoxidable. Las condiciones de análisis fueron las siguientes: temperatura del inyector 175°C, temperatura de la columna 150°C, detector de ionización de llama 200°C; como gas transportador se utilizó helio a 12.3 psi.

Las concentraciones de etanol y acetaldehído fueron determinadas mediante comparación de los tiempos de retención y áreas bajo la curva de pico de cada analito con una solución estándar. Los resultados fueron expresados como mg de acetaldehído o etanol / 100 mL de zumo, siendo presentada la media de los tres zumos para cada tratamiento.

III.2.4. PRODUCCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) Y ETILENO (C₂H₄)

La producción de dióxido de carbono (CO₂) y etileno fue determinada midiendo su concentración en la atmósfera generada por el fruto tras permanecer en un frasco cerrado herméticamente por un periodo de 2h.

Seis frutos de cada tratamiento fueron pesados e introducidos, en grupos de dos, en 3 frascos de cristal de 2 L de capacidad. Los frascos fueron transferidos a una cámara a 20°C (H.R. 90%) y una vez equilibradas las temperaturas se cerraron herméticamente. Tras un periodo de 2 horas se extrajeron muestras de 1 mL del espacio de cabeza de cada recipiente con una jeringa Hamilton 1001 LT y se analizaron en un cromatógrafo de gases (Perkin Elmer, mod. 2000, Norwalk, Conn., U.S.A.) provisto con una columna poropack QS 80/100 de 1/8 de pulgada de diámetro y 1.2 m de longitud.

Para determinar la producción de CO₂ se trabajó en condiciones isotermas a 35°C, con un detector de termoconductividad a 150°C y una temperatura de inyector de 115°C. Para la determinación de etileno se trabajó con un detector de ionización de llama a 175°C y una temperatura del inyector de 175°C. En ambos casos fue utilizado helio como gas transportador con un caudal de 30 mL/min.

Los resultados fueron expresados como mL CO₂ Kg⁻¹ h⁻¹ y $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, siendo presentada la media de tres atmósferas generadas (3 frascos) por tratamiento.

III.2.5. CONTENIDO DE TANINOS SOLUBLES (TS)

El contenido de taninos solubles fue determinado para cada tratamiento a partir de dos réplicas de muestra de pulpa procedente de 5 frutos. Tras el pelado de los frutos, fueron troceados dos cuartos opuestos de cada uno de ellos, se mezclaron debidamente y se congelaron muestras de 5g en bolsitas de plástico a -21°C para posteriormente ser analizadas 3 de estas muestras por cada réplica.

El análisis fue realizado siguiendo el Folin-Denis Method (Taira, 1995), basado en la reducción del reactivo Folin-Denis por los taninos solubles en una solución alcalina.

La muestra fue homogeneizada con 25 mL de una solución de metanol 80% con la ayuda de un homogeneizador (Politron, modo PT 2100, Kinematica, AG Inc., Lucerne, Switzerland). El homogeneizado obtenido fue centrifugado a 14.000 rpm durante 20 minutos a 4°C y filtrado a través de papel de filtro. El sobrenadante se reservó a una temperatura de 4°C. Con el precipitado obtenido se repitió la operación de homogenización, filtrado y centrifugado. El nuevo sobrenadante obtenido tras la centrifugación fue mezclado con el previamente reservado, y esta mezcla fue aforada

III. Material y Métodos

a 100 mL con agua destilada. A partir de 1mL de esta solución se realizó una dilución 1:7 en agua destilada.

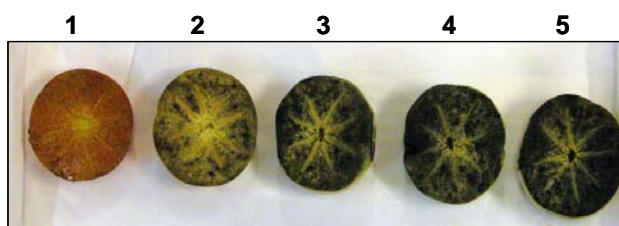
Seguidamente se añadieron 0.5 mL de reactivo Folin Ciocalteu 1N y se agitó brevemente. Después de 3 minutos de reposo, se añadió 1 mL de Na_2CO_3 saturado, se agitó, y se adicionó 1,5 mL de agua destilada. Tras 1 hora, se midió la absorbancia con un espectrofotómetro (Perkin Elmer, Norwalk, Conn., U.S.A.) a 725nm.

La curva de calibración fue realizada utilizando diferentes concentraciones de ácido gálico. La concentración de taninos solubles fue expresada como porcentaje de peso fresco (% p.f.), siendo presentada la media de las mediciones realizadas para cada tratamiento (3 muestras por cada una de las dos réplicas).

III.2.6. ÍNDICE DE TANINOS (IT)

La determinación del índice de taninos fue realizada sobre 10 frutos por tratamiento. El grado de astringencia fue estimado mediante la evaluación visual del color desarrollado durante la reacción de los taninos solubles presentes en el fruto con cloruro férrico. Mediante esta reacción se forman complejos iónicos tanino-Fe, los cuales tienen una coloración azul-negro.

Los frutos fueron cortados ecuatorialmente y sumergidos en una solución de cloruro férrico al 5% durante 3 minutos. Después de otros 3 minutos fuera de esta solución, cada fruto fue evaluado visualmente según una escala de valores de 1 (mínimo contenido en taninos solubles, no astringente) a 5 (máximo contenido en taninos solubles, máxima astringencia) (Foto. III.2.1)



Fotografía III.2.1. Escala de índice de Taninos (Testoni et al., 1988a)

III.2.7. EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial de la astringencia fue realizada por un panel de constituido por un mínimo de 10 catadores, pertenecientes al departamento de Poscosecha del IVIA, con experiencia en la evaluación sensorial de frutas y con edades comprendidas entre 22-55 años. Las sesiones fueron realizadas a la misma hora (13:30) en un área reservada del laboratorio libre de olores y ruido, cuya temperatura fue $25 \pm 1^\circ \text{C}$. Se recordó a los catadores que no debían comer durante la media hora previa a la sesión.

Las muestras fueron obtenidas a partir de 5 frutos por tratamiento, los cuales fueron troceados y mezclados debidamente. Las muestras fueron identificadas mediante códigos de 3 dígitos y presentadas a los catadores, a los que se pidió que evaluaran varios trozos de fruta en cada muestra, con la finalidad de compensar, en la medida de lo posible la variación biológica de los frutos. Para evitar interferencias entre muestras se suministró leche a los catadores, ya que las proteínas de la misma resultan efectivas para eliminar la sensación de astringencia. La escala de evaluación de la astringencia utilizada fue la siguiente: 1 no astringente, 2 ligeramente astringente, 3 medianamente astringente y 4 muy astringente. Los datos fueron presentados como la media de la puntuación otorgada por los distintos catadores. Además de la evaluación de la astringencia se pidió a los catadores que dejaran constancia en caso de detectar: presencia de malos sabores o aromas indeseados, insipidez, o desequilibrio (demasiado dulce, demasiado ácido...).

En aquellas experiencias en las cuales se evaluó específicamente la eficacia del tratamiento de desastringencia (apartado III.1.2.1 y III.1.2.2 del presente capítulo) la evaluación sensorial fue realizada individualmente a cada fruto (60 frutos) utilizando la siguiente escala: no astringente, ligeramente astringente, astringente. Los resultados fueron expresados como % de frutos que presentaban cada uno de los niveles de astringencia de la escala.

III.2.8. CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (SST) Y pH

El contenido en sólidos solubles totales y el pH fueron determinados a partir de 3 muestras de zumo por tratamiento. Para la obtención de los zumos se tomaron 15 frutos de cada tratamiento y se dividieron en tres grupos de 5 frutos cada uno. Se procedió al pelado de los frutos y se utilizó una licuadora para la obtención de los zumos.

III. Material y Métodos

Para la medición de los sólidos solubles totales se utilizó un refractómetro digital (Atago mod. PR1) y se realizaron dos medidas por zumo. Los resultados se expresaron en °Brix, presentándose la media de los tres zumos.

El pH fue determinado en cada zumo mediante un medidor de pH (mod. Consort, C231), presentándose los resultados como la media de los tres zumos.

III.2.9. PÉRDIDA DE PESO

La pérdida de peso se determinó sobre 20 frutos de manera individual, expresándose el resultado como porcentaje de pérdida de peso respecto del peso inicial del fruto (registrado tras la recolección). Los resultados fueron presentados como la media del porcentaje de pérdida de peso para cada tratamiento respecto al peso inicial (% p.i)

III.2.10. ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

La actividad de las enzimas pectinmetilesterasa (PME) y poligalacturonasa (PG) fue determinada para cada tratamiento a partir de dos réplicas de muestra de pulpa procedente de 5 frutos. En la zona ecuatorial de los frutos se realizó un corte transversal al eje principal retirando una lámina de pulpa de 2 cm de espesor. Tras retirar la piel se procedió a su troceado y los trozos de pulpa obtenidos fueron mezclados debidamente para ser congeladas muestras de 5 g en nitrógeno líquido a -75°C .

III.2.10.1. Pectinmetilesterasa (PME)

La extracción de la PME, fue realizada mediante la adición a las muestras de 30mL de tampón 1.5M en NaCl y pH 7.5 y posterior homogenización con un politrón (model PT-2100, Kinemática, AG Inc., Lucerne. Switzerland.). El homogeneizado se mantuvo una hora a 4°C y posteriormente fue centrifugado (15.000 rpm, 10min). El sobrenadante fue filtrado a través de una tela de nylon y llevado a 50mL con tampón 1.5M NaCl. Todo el proceso de extracción fue realizado a una temperatura de 4°C .

La actividad de la PME, fue determinada mediante una valoración ácido-base de los grupos carboxilos generados por la actividad de la enzima al hidrolizar una

solución de pectina a pH 7.5 y 30°C y fue expresada como meq-g/min g (modificado de Stoforos et al., 2002)

III.2.10.2. Poligalacturonasa (PG)

La extracción de la PG, fue realizada mediante la homogenización de la muestra de pulpa en tampón de extracción 1M NaCl, pH 4.6 siendo 0.1M en ácido cítrico, 13mM EDTA, 10mM β-mercaptoethanol, y 1% polyvinylpyrrolidona-10. La homogenización fue realizada mediante un Polytron (model PT-2100, Kinemática, AG Inc., Lucerne. Switzerland) por un tiempo de 1min. El homogeneizado se mantuvo en agitación durante 1h y posteriormente fue centrifugado (10.000 rpm, 15 min.). El sobrenadante fue filtrado a través de una tela de nylon y llevado a 25mL con el tampón de extracción. Alícuotas de 1.5mL fueron desaladas mediante su paso a través de columnas Sephadex G-25. Todo el proceso de extracción fue realizado a una temperatura de 4°C.

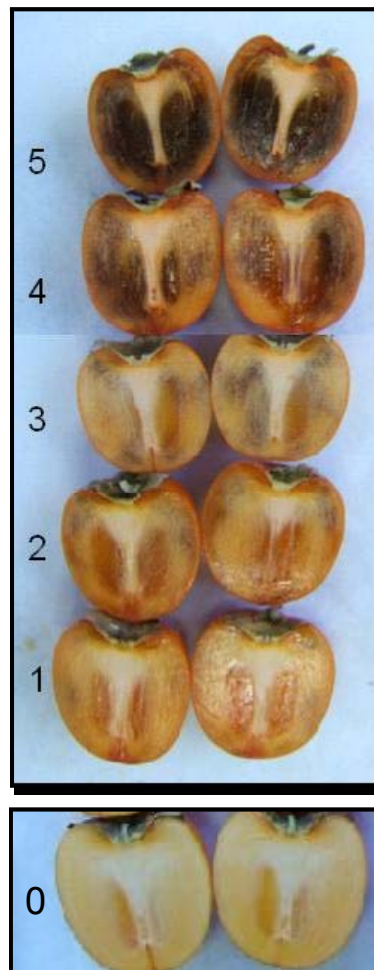
La actividad de la PG fue analizada espectofotométricamente usando 2-cianocetamida mediante la cuantificación de grupos reducidos producidos por la actividad de la enzima teniendo como sustrato el ácido poligalacturónico y fue expresada como nmol/mg min (modificado de Gross, 1982)

III.2.11. PARDEAMIENTO EXTERNO E INTERNO

La incidencia de pardeamiento externo fue evaluada visualmente fruto por fruto sobre un número de 40 a 50 frutos dependiendo de la experiencia, siendo evaluada como presencia o ausencia de pardeamiento. Los datos fueron presentados como porcentaje de frutos afectados.

El pardeamiento interno fue evaluado visualmente fruto por fruto, utilizándose una escala obtenida en el Centro de Tecnología Postcosecha del IVIA que va desde 0-ausencia de pardeamiento hasta 5-intensamente pardeado. Los resultados fueron expresados como porcentaje de frutos que presentaba cada una de las intensidades de pardeamiento de dicha escala (Fotografía III. 2.2).

III. Material y Métodos



Fotografía III.2.2. Escala utilizada para evaluar la intensidad de pardeamiento interno en frutos de caqui 'Rojo Brillante', desde 0-ausencia de pardeamiento hasta 5-intensamente pardeado

III.2.12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de los datos se realizó con el paquete estadístico Statgraphics Plus Versión 5.1, mediante el análisis de la varianza (ANOVA). Las diferencias mínimas entre las medias se establecieron a partir del test LSD (diferencia mínima significativa) con un nivel de confianza del 95%.

III.2.13. ESTUDIO MICROESTRUCTURAL

III.2.13.1. Criomicroscopía electrónica de Barrido (Cryo-SEM)

La muestra fue tomada realizando un corte perpendicular al eje principal del fruto con una cuchilla acero inoxidable, de esta manera se extrajeron cubos de 3mm³ de la zona ecuatorial del fruto. Estos cubos se sumergieron en nitrógeno nieve (-210°C) y fueron transferidos a un cryo-trans (CT 15000C de Oxford Instruments, Oxford, England) unido a un microscopio electrónico de barrido JEOLJSM5410 (JEOL, Tokyo, Japan) operando a una temperatura inferior a -130°C. Las muestras fueron criofracturadas a -180°C y sublimadas a -90°C. Las observaciones al microscopio fueron realizadas a 15 kV y a una distancia de trabajo de 15mm.

III.2.13.1. Microscopía electrónica de Barrido (SEM)

La muestra fue tomada realizando un corte perpendicular al eje principal del fruto con una cuchilla acero inoxidable, de esta manera se extrajeron cubos de 3mm³ de la zona ecuatorial del fruto. Los cubos obtenidos fueron fijados (fijación primaria con 2.5% de glutaraldehído y fijación secundaria con 2% de tetróxido de osmio) y deshidratados en una serie de 10, 20, 40, 60, 80 y 100% de etanol (etanol / agua, V/V) cada 20 min. Fueron entonces lavados en acetona y ultradeshidratados por el sistema de punto crítico con CO₂ (1100 psi, 31.5°C) en un instrumento POLARON E3000 (Watford, United Kingdom). Las muestras fueron recubiertas con oro usando POLARON E6100 Equipment (10⁻⁴ mbar, 20 mA, 80 s) y observadas en un Jeol JSM 6300 Scanning Electron Microscope (Jeol, Tokio, Japan) a 15 kV y a una distancia de trabajo de 15mm.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.1. OBJETIVO 1. ESTUDIO DE LOS CAMBIOS FISIOLÓGICOS Y MICROESTRUCTURALES DURANTE LA MADURACIÓN Y DESASTRINGENCIA DEL CAQUI 'ROJO BRILLANTE'

IV.1.1. CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA Y MICROESTRUCTURAL DE DIFERENTES ESTADOS DE MADUREZ EN EL PERIODO DE RECOLECCIÓN DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'

IV.1.1. CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA Y MICROESTRUCTURAL DE DIFERENTES ESTADOS DE MADUREZ EN EL PERIODO DE RECOLECCIÓN DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'

En la tabla se muestra, de acuerdo con el apartado III.1.1.2 presentado en el capítulo III. 'Material y Métodos', los distintos Estados de Madurez (M) de caqui 'Rojo Brillante' caracterizados a partir de recolecciones realizadas entre los meses de Octubre a Diciembre en dos campañas consecutivas, así como las condiciones de desastringencia y comercialización aplicadas. Las distintas recolecciones fueron realizadas en base a la coloración externa del fruto, desde el estado I (MI) (verde-amarillo) al estado MVI (naranja-rojo).

Campaña		Condiciones	Periodo
2004-2005	2005-2006	desastringencia	comercialización
M I			
M II			
M III	M III'	95% CO ₂	3 días a 15°C
M IV		(24h, 20°C)	
M V	M V		
M VI	M VI		

IV.1.1. ESTUDIO FISIOLÓGICO Y FÍSICOQUÍMICO

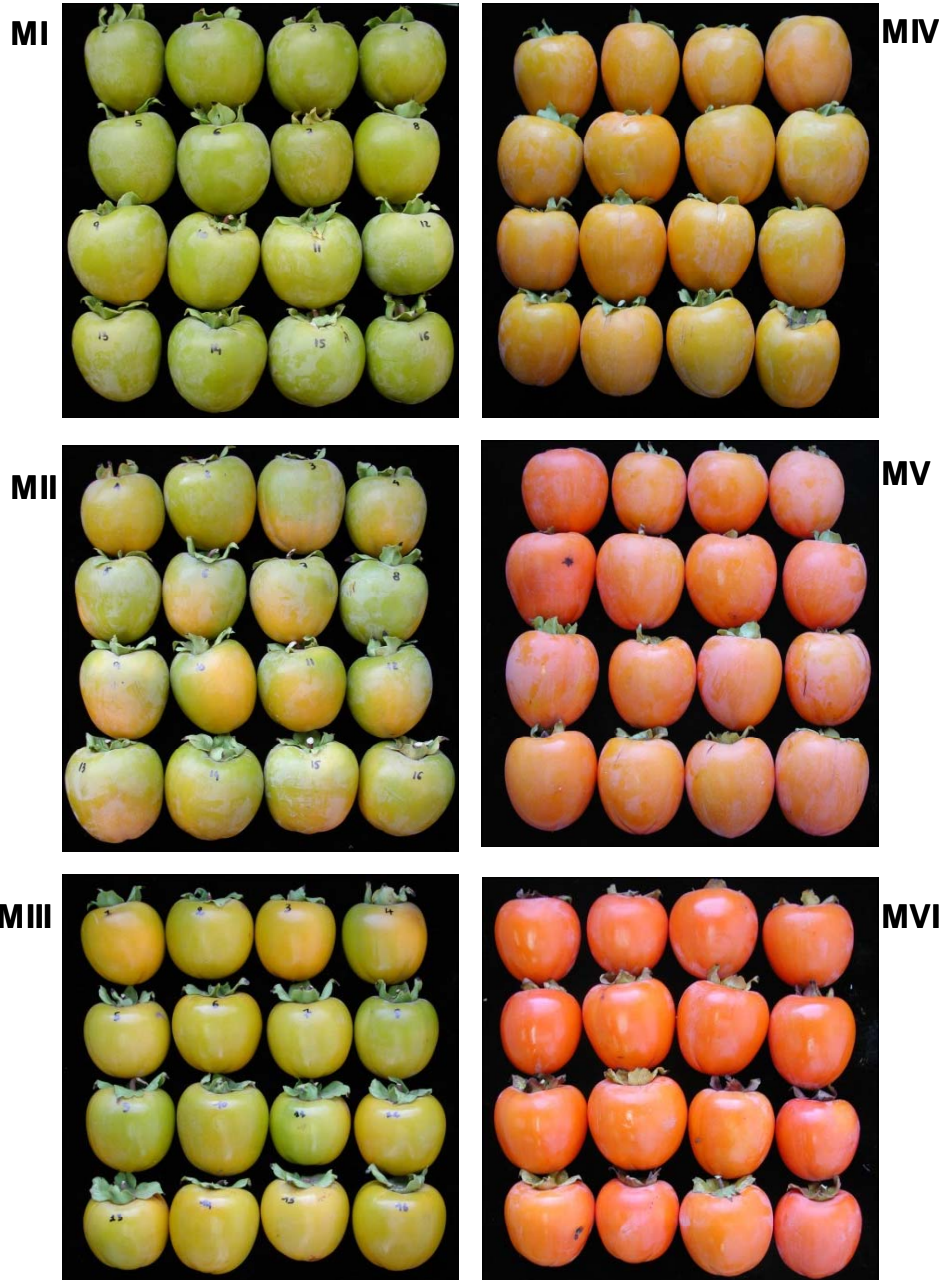
IV.1.1.1. Color

En la actualidad el parámetro utilizado como índice de madurez para determinar el momento de recolección del fruto es la coloración externa del mismo.

En la presente experiencia los cambios observados en la coloración de los seis estados de madurez seleccionados en la primera campaña reflejan el incremento de color que esta variedad presenta durante la maduración, mostrando tonalidades desde el verde-amarillento (Índice de color (IC) de -8) en el estado MI, a principio de campaña, hasta tonalidades propias de esta variedad, anaranjadas-rojizas (IC 24) al final de la misma, estado MVI (Fig. IV.1.1.1 y Foto. IV.1.1.1)

Atendiendo al IC de la fruta recolectada en la primera campaña, el estado de madurez MIII' recolectado en la segunda campaña se corresponderían con un estado intermedio entre el MIII y el MIV.

En ambas campañas se observó que el tratamiento de desastringencia con CO₂ no produjo ningún efecto sobre el color en los primeros estados de madurez, mientras que en los estados más avanzados la aplicación del tratamiento tiende a incrementar ligeramente el índice de color.



Fotografía IV.1.1.1. Aspecto externo de frutos de caqui 'Rojo Brillante' en los seis diferentes Estados de Madurez comercial caracterizados.

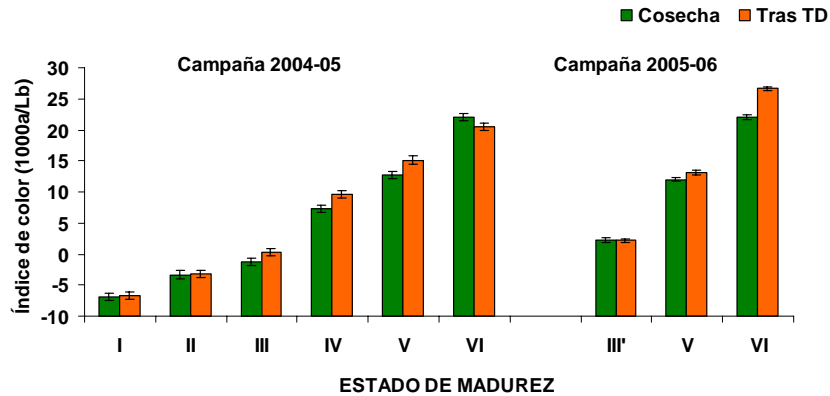


Figura IV.1.1.1. Índice de color externo (1000a/Lb) de caqui 'Rojo Brillante' en diferentes Estados de Madurez, inmediatamente tras la cosecha y tras la posterior aplicación del tratamiento desastringencia (TD) (95%CO₂, 20°C, 24h) más 3 días a 20°C. Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P = 0.05$)

IV.1.1.2. Firmeza y Actividad Enzimática

Una elevada firmeza en recolección es determinante para poder preservar la calidad del fruto tras la cosecha. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la firmeza óptima de recolección dependerá en gran medida de las condiciones de almacenamiento a las que va a ser sometida la fruta tras la recolección.

En este momento no existe una firmeza mínima de comercialización recomendada, sin embargo valores de firmeza por debajo de 10N no se consideran aptos para el consumo (Arnal y Del Río, 2004; Salvador et al., 2004a)

En este trabajo, los diferentes estados de madurez, seleccionados en base a un incremento visible del color, se vieron acompañados de un descenso proporcional de firmeza, desde valores superiores a 70N en el estado MI a valores de 20N al final de la campaña, en el estado MVI (Fig. IV.1.1.2).

El tratamiento de desastringencia no afectó a la firmeza de los frutos en los estados MI y MII, sin embargo provocó un ablandamiento significativo en los estados

MIII y MIV. La firmeza de la fruta del final de la campaña, con valores de firmeza más bajos en recolección no se vio afectada por el tratamiento con altas concentraciones de CO₂ en la primera campaña ensayada, sin embargo fruta en un estado de madurez MVI procedente de la segunda campaña experimentó un cierto ablandamiento tras el tratamiento de desastringencia. Un efecto del tratamiento con altas concentraciones de CO₂ sobre la firmeza ha sido previamente observado en otros cultivares de caqui (Harima et al., 2003; Xu et al., 2004).

Los cambios de firmeza observados en la presente experiencia tras la aplicación del tratamiento de desastringencia han sido relacionados con cambios en la estructura de la célula, como muestra el estudio microestructural que se presenta en el apartado IV.1.2 de este capítulo.

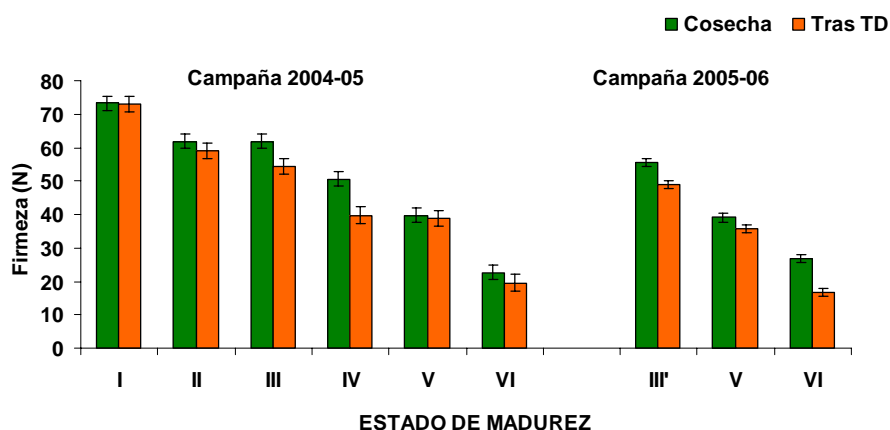


Figura IV.1.1.2. Firmeza (N) de caqui 'Rojo Brillante' en diferentes Estados de Madurez, inmediatamente tras la cosecha y tras la posterior aplicación del tratamiento desastringencia (TD) (95% CO₂, 20°C, 24h) más 3 días a 20°C. Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P=0.05$)

Los cambios en la textura durante la madurez comercial de la mayoría de los frutos se deben en gran parte a la degradación de la pared celular primaria. Durante el ablandamiento de los frutos, las pectinas y hemicelulosas de la pared celular típicamente sufren disolución y despolimerización que se piensa que contribuyen a la debilidad de la pared celular. Se pueden identificar un gran número de hidrolasas de la pared celular relacionadas con la maduración comercial en el tejido del fruto; las más importantes incluyen la pectinmetilesterasa, la poligalacturonasa, endo-1,4- β -D-glucanasa o celulasa, y la β -galactosidasa. Respecto a las enzimas aquí estudiadas, la función de la pectinmetilesterasa (PME) es catalizar la desmetilación del grupo carboxílico en el C6 de los residuos galacturonasa; la poligalacturonasa (PG) rompe el esqueleto de los polisacáridos de la pectina, requiriendo pectatos desesterificados como sustrato, siendo así la acción de la PME un prerrequisito para la actividad óptima de la PG (Artés et al., 1996).

En este estudio, el ablandamiento gradual observado desde el estado de madurez MI al MVI, no se correspondió, como cabría esperar, con un aumento paulatino de la actividad de la PME; como se muestra en la Tabla IV.1.1.1, la actividad de la PME medida tras el tratamiento de desastringencia alcanzó su máximo en el estado de madurez MIII y posteriormente sufrió un descenso en los estados más avanzados. Por su parte, la actividad de la PG no presentó diferencias significativas entre los diferentes estados de madurez (Tabla IV.1.1.1). Este resultado concuerda con estudios previos que mostraron que la PG no contribuye al proceso de ablandamiento inicial del fruto, sino que jugaría un papel en el deterioro que tiene lugar durante los estados de sobremaduración, habiendo sido relacionada con fases más avanzadas del ablandamiento (Bonghi et al., 1996; Choi et al., 2002).

Tabla IV.1.1.1. Actividad de las enzimas Pectinmetilesterasa (PME) y Poligalacturonasa (PG) en diferentes Estados de Madurez de caqui 'Rojo Brillante' tras la aplicación del tratamiento desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) más 3 días a 20°C. Valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente al 5% (test LSD).

E. Madurez	PME (meq-g/min.g)	PG (nmol/mg.min)
M I	8.10 ⁻³ abc	27,56 a
M II	7,9.10 ⁻³ abc	21,59 a
M III	8,9.10 ⁻³ c	27,40 a
M IV	8,5.10 ⁻³ bc	27,31 a
M V	7,1.10 ⁻³ a	26,45 a
M VI	7,6.10 ⁻³ ab	22,34 a

IV.1.1.3. Producción de Etileno y CO₂

Respecto a la producción de etileno, hay que decir que el caqui está clasificado como fruto climatérico ya que sus frutos producen una pequeña pero significativa cantidad de etileno durante la maduración, siendo además muy sensibles a la aplicación de etileno exógeno (Abeles, 1992; Kubo et al., 2003). Exposiciones de caqui 'Rojo Brillante' a etileno exógeno inducen su maduración, siendo esta la base del proceso de desastringencia por sobremaduración utilizado previamente a la comercialización del caqui 'Rojo Brillante' en su forma de presentación 'kaki Classic'.

En el presente trabajo, la producción de etileno fue medida en los diferentes estados de madurez definidos en la primera campaña, mostrando un incremento desde valores de $0.0075 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ en el estado de madurez MI hasta un máximo de $0.04 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ en el estado MIII y MIV, para posteriormente descender hasta valores de cero en estados más avanzados. Si bien los valores de producción de etileno fueron muy bajos, la evolución mostrada durante la maduración se corresponde con la curva típica de producción de etileno de los frutos climatéricos, teniendo lugar el pico climatérico entre los estados de madurez MIII y MIV (Fig. IV.1.1.3)

Tras la aplicación del tratamiento de desastringencia, se observó en los estados de madurez MI, MII, MIII y MIV un importante incremento en la producción de etileno respecto a los valores de recolección (Fig. IV.1.1.3). El máximo de producción fue alcanzado en el estado MII, con valores de $0.15 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$, disminuyendo en los estados posteriores hasta alcanzar valores de $0 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ en los estados MV y MVI. Este incremento en la producción de etileno tras el tratamiento de desastringencia, fue explicado por Harima et al. (2003) como la respuesta al estrés inducido por la exposición a las altas concentraciones de CO₂.

Investigaciones previas llevadas a cabo con este cultivar sugieren que el etileno está implicado en los cambios de firmeza del fruto, ya que mediante la aplicación de 1-MCP, potente inhibidor del etileno, se ha conseguido retrasar su ablandamiento (Salvador et al., 2004a; 2005a). Los resultados de este trabajo muestran que la máxima producción de etileno coincide con una mayor actividad de la PME, sin embargo como se ha mencionado, no se ha podido relacionar la evolución de la firmeza con la actividad de esta enzima.

Respecto a la producción de CO₂, en la primera campaña se observó un descenso gradual desde el estado MI, que presentó valores de $8 \text{ mL kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ al estado MIII con valores de $6 \text{ mL kg}^{-1} \text{h}^{-1}$, posteriormente en el estado MIV se observó un pico

de producción, a partir del cual los valores descendieron progresivamente (Fig. IV.1.1.4). Este pico de producción fue también observado en la segunda campaña.

La evolución de la tasa respiratoria durante la maduración sigue, al igual que ocurría con la producción de etileno, el patrón característico de los frutos climatéricos, presentando un pico de respiración en los estados de madurez MIV o MV.

Tras recibir el tratamiento con altas concentraciones de CO₂, en general se observó un ligero incremento de la tasa respiratoria respecto a los valores de recolección, al igual que ocurría con la producción de etileno, este incremento sería una respuesta del fruto al estrés provocado por las altas concentraciones de CO₂.

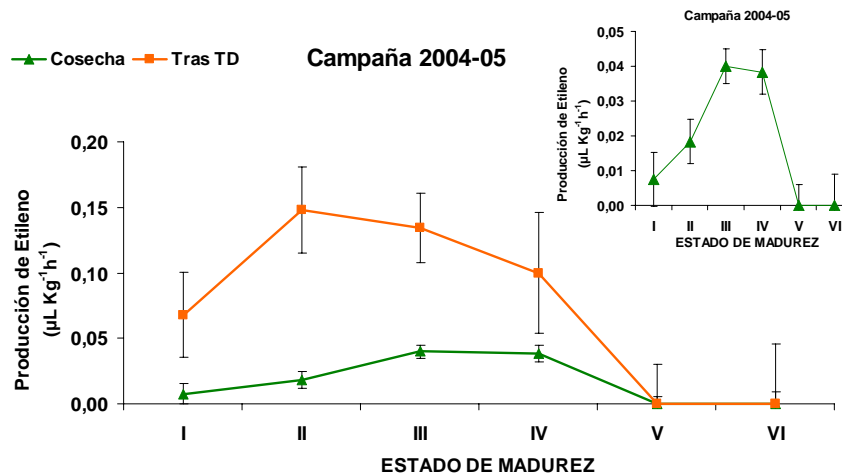


Figura IV.1.1.3. Producción de etileno ($\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$) de caqui 'Rojo Brillante' en diferentes Estados de Madurez, inmediatamente tras la cosecha y tras la posterior aplicación del tratamiento desastringencia (TD) (95%CO₂, 20°C, 24h) más 3 días a 20°C. (Figura insertada en esquina superior derecha se corresponde con los valores de producción de etileno tras cosecha. Imagen ampliada.) Las barras verticales representan los intervalos LSD (P=0.05)

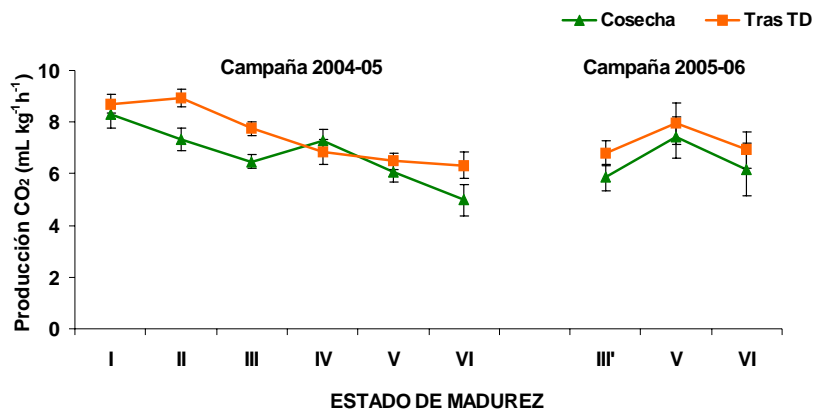


Figura IV.1.1.4. Producción de CO_2 ($\text{mL kg}^{-1} \text{h}^{-1}$) de caqui 'Rojo Brillante' en diferentes Estados de Madurez, inmediatamente tras la cosecha y tras la posterior aplicación del tratamiento desastringencia (TD) ($95\% \text{CO}_2$, 20°C , 24h) más 3 días a 20°C . Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P = 0.05$)

IV.1.1.4. Taninos Solubles

El carácter astringente presentado por el caqui 'Rojo Brillante' en recolección quedó reflejado en el alto contenido de taninos solubles (TS) en el momento de cosecha (Fig. IV.1.1.5). En los estados seleccionados en la primera campaña se observó una reducción gradual en el nivel de TS con el avance del estado de madurez, desde niveles de 0.78% peso fresco (p.f.) en el estado MI hasta niveles de 0.36% p.f. en el estado MVI; valores similares, incluso algo más elevados, fueron observados en los correspondientes estados recolectados en la segunda campaña, en la que igualmente quedó patente un descenso gradual del contenido de taninos con la maduración. Sin embargo, es importante destacar que esta reducción del contenido de taninos solubles con la maduración, en ningún caso fue suficiente para detectar una pérdida de astringencia desde el punto de vista sensorial; por lo tanto, en caqui 'Rojo Brillante' se hace necesaria la aplicación de tratamientos postcosecha de desastringencia previamente a la comercialización del fruto.

El tratamiento de desastringencia con altas concentraciones de CO_2 provocó en todos los estados de madurez una disminución de TS muy acusada.

Independientemente del nivel inicial se observó un descenso hasta valores muy bajos, de 0.01-0.02% p.f. Un contenido de TS igual o inferior a 0.03% p.f. ha sido previamente asociado con frutos no astringentes (Oriuel-Iranzo et al., 2003). Así, el tratamiento aplicado para la eliminación de la astringencia resultó igualmente eficaz en todos los estados de madurez ensayados.

Este resultado fue corroborado por la evaluación sensorial, en la que los catadores no detectaron astringencia en los frutos tratados con CO₂ para ninguno de los estados de madurez, obteniendo todos ellos valoraciones de 1 (no astringente) (datos no mostrados).

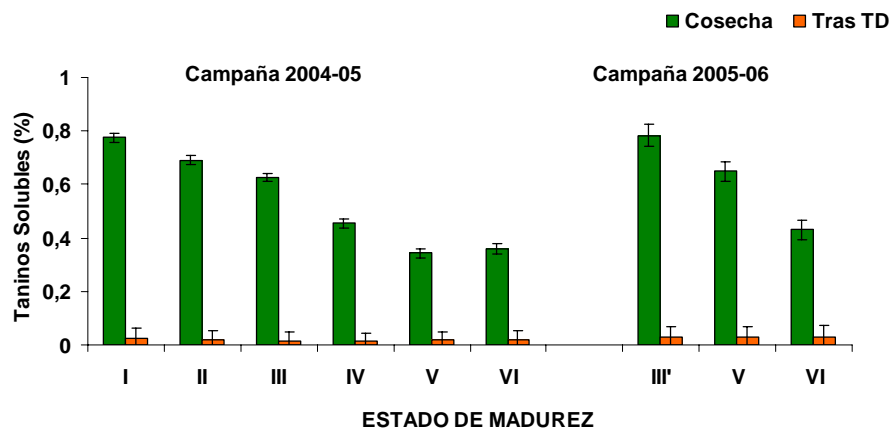


Figura IV.1.1.5. Contenido de Taninos Solubles (% p.f.) de caqui 'Rojo Brillante' en diferentes Estados de Madurez, inmediatamente tras la cosecha y tras la posterior aplicación del tratamiento desastringencia (TD) (95% CO₂, 20°C, 24h) más 3 días a 20°C. Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P = 0.05$)

IV.1.1.5. Producción de Acetaldehído y Etanol

El objetivo del tratamiento de desastringencia es la insolubilización de los TS hasta niveles no detectables; esto tiene lugar mediante la unión con el acetaldehído (AcH) producido en la respiración anaerobia provocada por las elevadas concentraciones de CO₂ aplicadas (Arnal y Del Río, 2003; Arnal y Del Río, 2004).

En la presente experiencia, todos los estados de madurez presentaron unos valores muy bajos de acetaldehído en el momento de cosecha (< 0.2 mg/100mL), sin embargo pudo observarse un ligero incremento de producción a medida que avanza el estado de madurez (Fig. IV.1.1.6A).

Tras la aplicación del tratamiento con CO₂ en todos los estados de madurez la producción de AcH aumentó drásticamente alcanzando en todos los casos valores superiores a 2.5 mg/100mL. Este incremento en la producción de acetaldehído está directamente relacionado con el descenso de taninos solubles observado tras la aplicación del tratamiento con altas de concentraciones de CO₂ y por tanto con la pérdida de astringencia.

Un comportamiento muy similar fue observado en la producción de etanol (EtOH), del cual el AcH es precursor en la respiración anaerobia, que presentó valores cercanos a 0 mg/100mL en el momento de recolección para los diferentes estados de madurez, y que en todos ellos sufrió un acusado incremento tras la aplicación del tratamiento de desastringencia, alcanzando valores entre 20-40 mg/100mL (Fig. IV.1.1.6B).

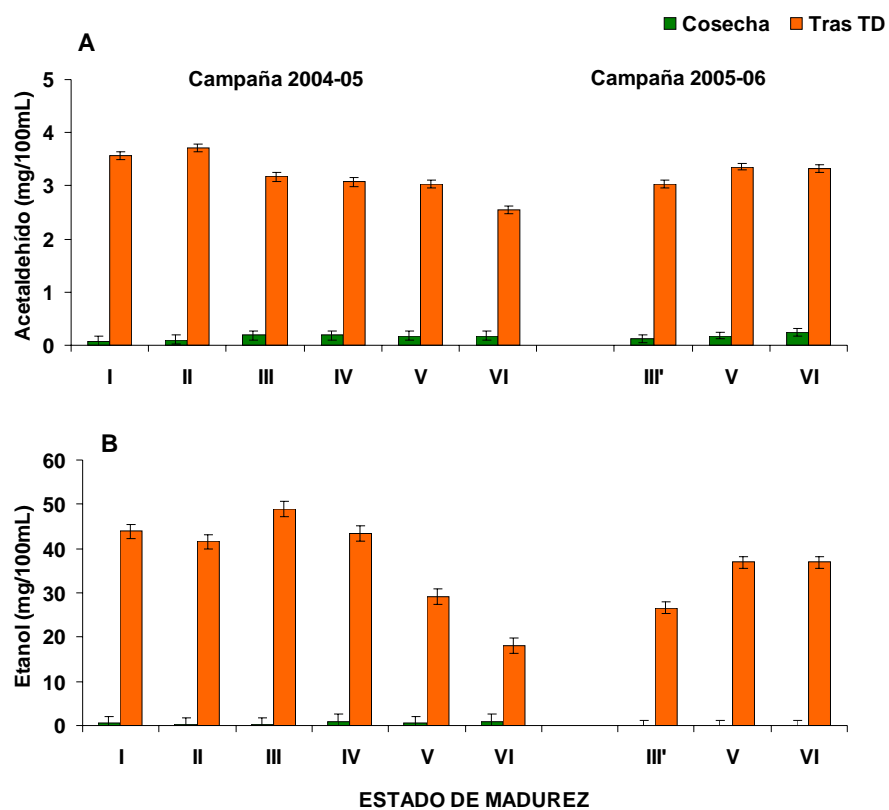


Figura IV.1.1.6. Producción de Acetaldehído (A) y Etanol (B) (mg/100mL) de caqui 'Rojo Brillante' en diferentes Estados de Madurez, inmediatamente tras la cosecha y tras la posterior aplicación del tratamiento desastringencia (TD) (95% CO₂, 20°C, 24h) más 3 días a 20°C. Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P = 0.05$)

IV.1.1.6. Sólidos Solubles Totales y pH

En cuanto al contenido de sólidos solubles totales (SST) y el pH, los valores presentados por la fruta en el estado de madurez MI no sufrieron cambios importantes con el avance de la maduración, mostrando diferencias muy leves entre los distintos estados evaluados en el momento de recolección. En ambas campañas el contenido de SST en recolección mantuvo valores entre 15 y 18 °Brix y el pH entre 5,5-6 (Fig. IV.1.1.7A y 7B).

Tras el tratamiento con CO₂ se observó un descenso significativo de los SST, similar para todos los estados de madurez caracterizados en la primera campaña. Esta reducción se relaciona con la pérdida de astringencia, ya que en la medición de sólidos solubles totales se incluyen los taninos solubles causantes de la astringencia, los cuales se insolubilizan tras el tratamiento con CO₂ (Arnal y Del Rio, 2003).

Por otra parte, tras el tratamiento de desastringencia, se observó un incremento significativo en el pH similar en todos los estados de madurez. Este aumento del pH estaría así mismo relacionado con la insolubilización de los taninos, de carácter ácido, tras la aplicación del tratamiento. En la segunda campaña se observó el mismo comportamiento tras el tratamiento de CO₂, si bien el descenso de SST fue más ligero que en la primera campaña, de igual forma el ascenso del pH fue también menos pronunciado.

IV.1.1.7. Pérdida de peso

Respecto a la pérdida de peso, este no es en general un factor limitante en la vida postcosecha de caqui 'Rojo Brillante', ya que las características de su piel hacen que esta actúe como una importante barrera a las pérdidas de agua. Las pérdidas de peso podrían llegar a ser importantes durante el almacenamiento de la fruta por periodos muy prolongados, sin embargo en la presente experiencia la fruta fue conservada por un corto periodo de tiempo, 3 días a 20°C.

En ambas campañas y para todos los estados de madurez estudiados, la pérdida de peso experimentada por la fruta tras recibir el tratamiento de desastringencia fue inferior al 1% respecto al valor de recolección (datos no mostrados), siendo los estados de madurez más tempranos MI y MII los que mostraron el menor porcentaje de pérdida, con valores muy cercanos a 0%.

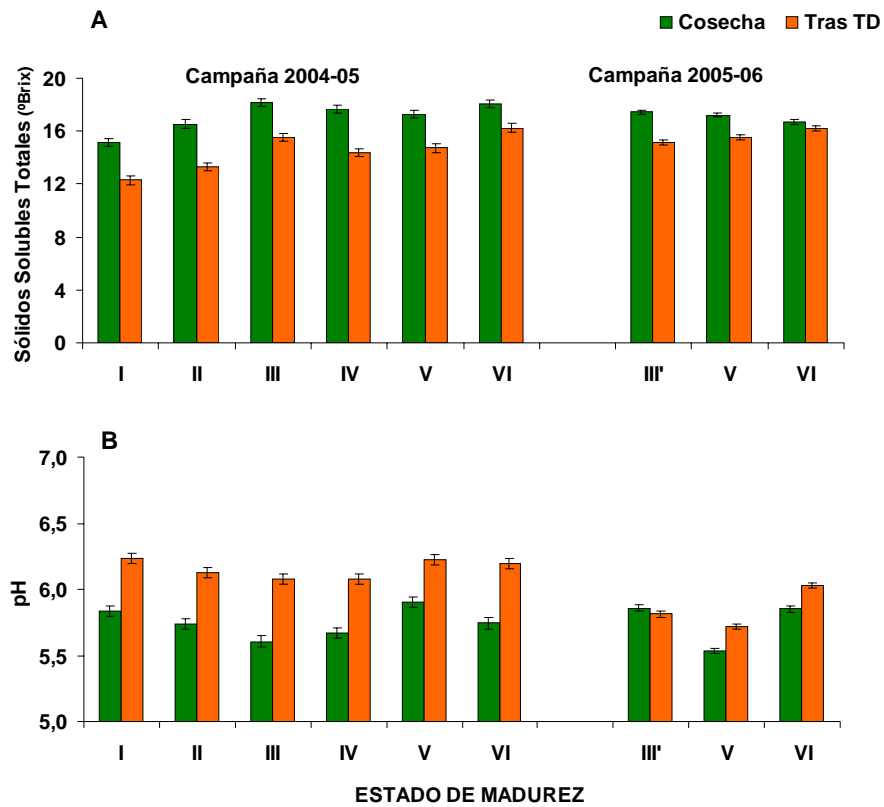


Figura IV.1.1.7. Contenido de Sólidos Solubles Totales (°Brix) (A) y pH (B) de caqui 'Rojo Brillante' en diferentes Estados de Madurez, inmediatamente tras la cosecha y tras la posterior aplicación del tratamiento desastringencia (TD) (95% CO₂, 20°C, 24h) más 3 días a 20°C. Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P = 0.05$)

IV.1.2. ESTUDIO MICROESTRUCTURAL

IV.1.2.1. Estado de madurez M I y M II

Cuando se observa por Cryo-SEM la pulpa de caqui, en el estado MI, y en corte transversal al eje principal de la fruta, se puede apreciar que las células parenquimáticas del mesocarpo (Foto. IV.1.1.2A y 2C) presentan formas irregulares más o menos redondeadas de diámetro variable entre 100-130 μm . El tejido parenquimático que constituye la pulpa es bastante compacto con pequeños espacios intercelulares ocupados por aire (Foto. IV.1.1.2A). En la Fotografía IV.1.1.2C se muestran dos células contiguas íntimamente unidas entre sí, con la pared celular y la membrana plasmática intactas. El interior celular está ocupado casi en su totalidad por una gran vacuola, cuyo interior se observa repleto de material soluble. Cuando se observan estas estructuras con la técnica de Cryo-SEM, los sólidos solubles aparecen como una red denominada artefacto eutéctico, que se genera en el proceso de sublimación del agua, durante la preparación de la muestra. Entre el tonoplasto y la membrana celular se observa un pequeño espacio ocupado también por material soluble.

Las células de la fruta del estado de madurez MI, tras el tratamiento de desastringencia (Foto. IV.1.1.2B y 2D) presentan la misma apariencia estructural que tras la recolección (Foto. IV.1.1.2A y 2C), con los espacios intercelulares ocupados por aire, aunque hay que destacar como cambio más importante que en algunas células, y concretamente en el interior de sus vacuolas, aparece una masa compacta de coloración oscura que refleja la presencia de compuestos insolubles (Foto. IV.1.1.2B) a partir de los cuales no se generaría el típico artefacto eutéctico en el proceso de sublimación, cuando tiene lugar la preparación de la muestra para su observación por Cryo-SEM.

Es sabido, que el tratamiento con altas concentraciones de CO_2 produce la insolubilización de los taninos, por lo que la nueva apariencia estructural observada en algunas células del parénquima se debería a la formación de sustancias poliméricas a partir de los taninos solubles. Estas serían las denominadas por numerosos autores células tánicas (Gottreich y Blumenfeld, 1991; Yonemori et al., 1997). Hay que destacar que, en estas células tánicas, la membrana de la vacuola o tonoplasto está especialmente degradada si se compara con el resto de células del parénquima. Son numerosos los trabajos en los que se describe el efecto que el CO_2 provoca sobre las membranas celulares (Satoshi et al., 1998; Makhlouf et al., 1990 y Deschene et al., 1991). La importante degradación del tonoplasto en estas células tánicas (Foto. IV.1.1.2D) podría explicarse, además de por el efecto del CO_2 , por el efecto mecánico

que producirían los taninos al polimerizar en el interior de las vacuolas de las células tánicas.

El análisis del contenido de taninos solubles presentado anteriormente, mostró que tras el tratamiento de desastringencia la presencia de taninos solubles sufrió una importante reducción en todos los estados de madurez ensayados (Fig. IV.1.1.5). Estos resultados estarían de acuerdo con el material insoluble observado en el interior de las células tánicas tras la aplicación del tratamiento de desastringencia.

En muestras de caqui recolectadas en un estado de madurez MII, las observaciones microestructurales no mostraron ningún cambio importante comparado con el estado MI. Por ello, solo se muestran micrografías muy amplificadas. En algunas células puede observarse material insoluble en el interior de las vacuolas en el momento de recolección (Foto. IV.1.1.2E). En la Fotografía IV.1.1.2F se muestra el parénquima de pulpa de caqui en estado de madurez MII tras ser aplicado el tratamiento de desastringencia. Si comparamos con fruta en estado MII antes de recibir el tratamiento (Foto. IV.1.1.2E), podemos observar en el caso de la fruta tratada una mayor degradación de la membrana y pared celular, así como la presencia de material totalmente insoluble en el interior de las vacuolas, que no fue observado en la fruta sin tratar.

IV.1.2.2. Estado de madurez M III y M IV

El tejido parenquimático en muestras tomadas a lo largo del periodo de maduración en estados MIII y MIV muestra una progresiva degradación si se compara con los estados MI y MII. No se observaron diferencias importantes entre el estado de madurez MIII y MIV; se muestran aquí las micrografías correspondientes al estado MIV. (Foto. IV.1.1.3).

Las células se observan cada vez menos turgentes y más deformadas, aunque en todos los casos, las células que no presentan material insolubilizado en sus vacuolas muestran el tonoplasto y la membrana plasmática menos degradados (Foto. IV.1.1.3A). En los estados MIII y MIV algunos espacios intercelulares ya se observan repletos de solutos solubles. La degradación de las paredes celulares se hace más evidente que en los estados de madurez más tempranos, de forma que en los estados MIII y MIV (Foto. IV.1.1.3) esta degradación es mayor que en los estados MI y MII (Foto. IV.1.1.2C y 2E). Los cambios estructurales observados en la fruta tras la cosecha estarían íntimamente

relacionados con la disminución en la firmeza de la pulpa del caqui observada en este trabajo en los diferentes estados de madurez (Fig. IV.1.1.2).

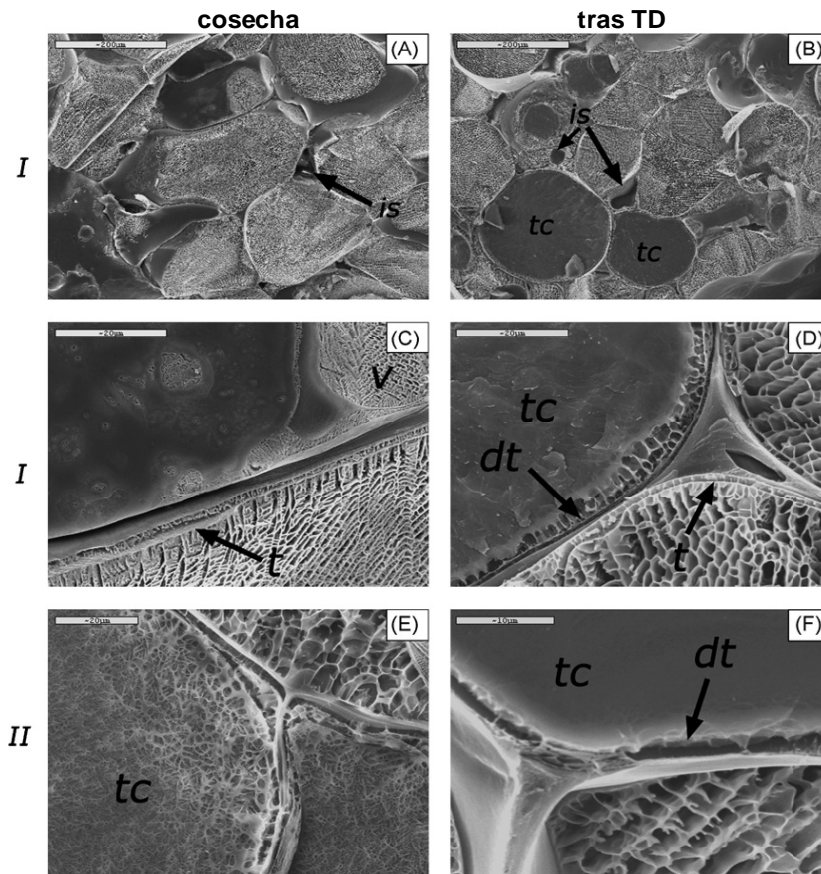
Cuando se aplica el tratamiento de desastringencia a frutos de caqui en estados de madurez MIII y MIV, se observa el tejido parenquimático mucho más degradado y gran cantidad de sólidos solubles invadiendo los espacios intercelulares, e incluso se observa material insoluble en dichos espacios (Foto. IV.1.1.3B).

La insolubilización de material en el interior de las células tánicas, revela la localización de estas células, formando pequeñas agrupaciones. En algunas variedades de caqui las células tánicas se presentan de forma aislada o en pequeñas agrupaciones tal y como han descrito algunos autores (Yang et al., 2005). En estas muestras de los estados MIII y MIV sometidas al tratamiento de desastringencia destaca que en las células tánicas prácticamente ya no se observa el tonoplasto, la membrana plasmática esta muy degradada y en muchas células se observa incluso separada de la pared celular (Foto. IV.1.1.3D). El tonoplasto parece verse mas afectado que la membrana plasmática por el tratamiento con CO₂, lo que podría atribuirse como se ha mencionado anteriormente al efecto mecánico de la precipitación de los taninos.

En general, el tejido celular va progresivamente degradándose al avanzar el estado de madurez, siendo la degradación de las membranas más importante tras el tratamiento de desastringencia. El efecto de las altas concentraciones de CO₂ en la estructura celular podría ser la causa de la pérdida de firmeza observada tras el tratamiento de desastringencia en los estados MIII y MIV (Fig. IV.1.1.2)

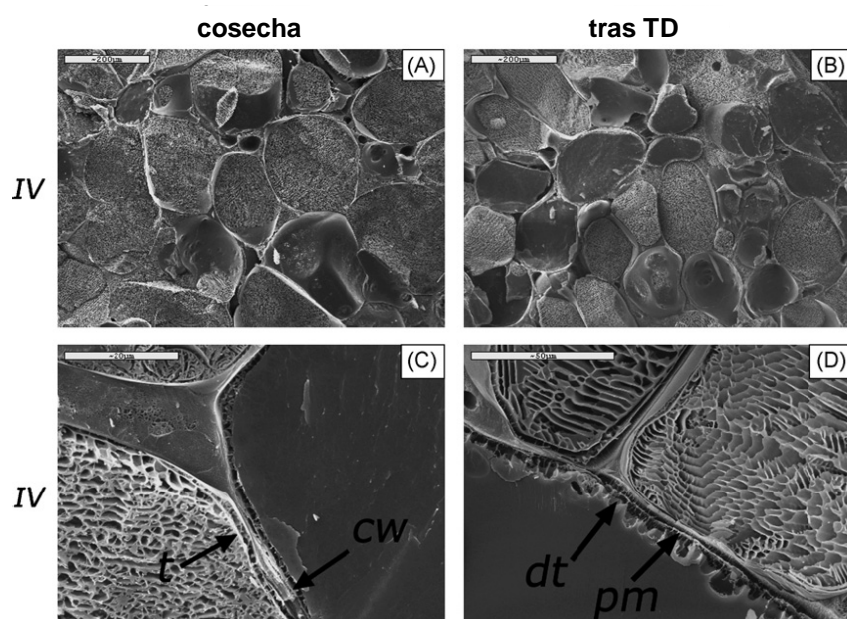
IV.1.2.2. Estado de madurez M V y M VI

En los estados de madurez MV y MVI, el ablandamiento gradual que acompaña al proceso de maduración de la fruta resultó en los valores más bajos de firmeza (Fig. IV.1.1.2). El estudio microestructural reveló la presencia de células con paredes y membranas totalmente degradadas en algunas zonas del parénquima (Foto. IV.1.1.4E y 4G), e incluso la pérdida de la estructura celular típica. Una característica del tejido parénquimático de la pulpa de caqui en los estados de madurez MV y MVI, más avanzados, es la pérdida de adhesión intercelular generalizada. Cuando se aplica el tratamiento de CO₂ a estas muestras, el resultado es un tejido parénquimático muy degradado con los espacios intercelulares repletos de material soluble e incluso insoluble (Foto. IV.1.1.4B y 4D). Sin embargo no fue observado un efecto de la aplicación del tratamiento de desastringencia sobre la firmeza.



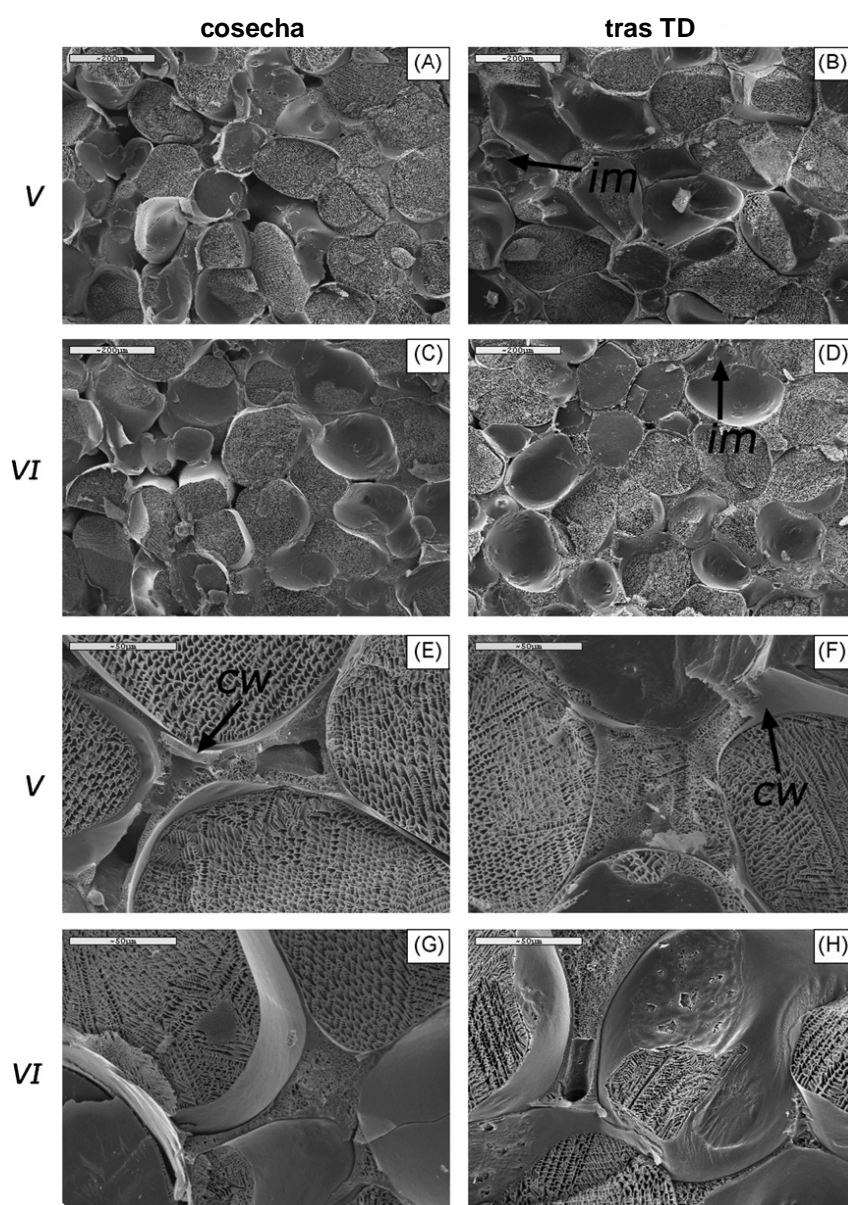
Fotografía IV.1.1.2. Estructura de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' en Estado de Madurez MI y MII, inmediatamente tras la cosecha (MI, A y C) (MII,E) y tras la posterior aplicación del tratamiento desastringencia (TD) (95%CO₂, 20°C, 24h) más 3 días a 20°C (MI, B y D) (MII, F).

is-espacio intercelular; tc-célula tánica; v-vacuola; t-tonoplasto; dt-tonoplasto degradado



Fotografía IV.1.1.3. Estructura de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' en estado de Madurez MIV, inmediatamente tras la recolección (MIV, A y C) y tras la posterior aplicación del tratamiento desastringencia (TD) (95% CO₂, 20°C, 24h) más 3 días a 20°C (MIV, B y D).

cw-pared celular; pm-membrana plasmática; t-tonoplasto; dt-tonoplasto degradado



Fotografía IV.1.1.4. Estructura de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' en estado de madurez MV y MVI, inmediatamente tras la recolección (MV, A y E) (MVI, C y G) y tras la posterior aplicación del tratamiento desastringencia (TD) (95%CO₂, 20°C, 24h) más 3 días a 20°C (MV, B y F) (MVI, D y H). cw-pared celular; im-material insoluble.

IV.2. OBJETIVO 2. OPTIMIZACIÓN DEL TRATAMIENTO DE DESASTRINGENCIA DEL CAQUI 'ROJO BRILLANTE' EN FUNCIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ DEL FRUTO Y DE LAS CONDICIONES DE MANIPULACIÓN

IV.2.1. CARACTERIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL TRATAMIENTO DE DESASTRINGENCIA DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE' EN FUNCIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ

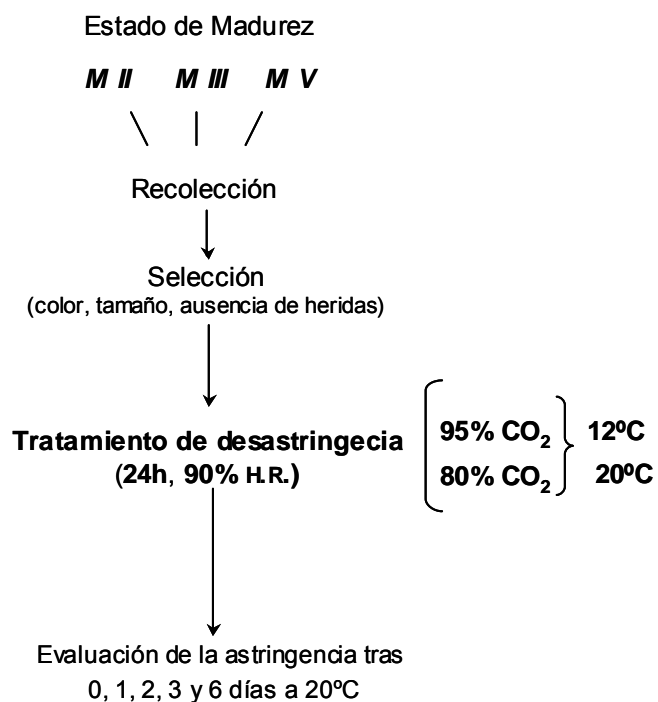
IV.2.2. OPTIMIZACIÓN DEL TRATAMIENTO DE DESASTRINGENCIA, BASADO EN CONCENTRACIONES DE CO₂ DEL 95%, EN FUNCIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'

IV.2.3. ESTUDIO FISIOLÓGICO Y MICROESTRUCTURAL DE LA EFICACIA DEL TRATAMIENTO DE DESASTRINGENCIA CON ALTAS CONCENTRACIONES DE CO₂ DURANTE LA CONSERVACIÓN DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE' A 15°C.

IV.2.1. CARACTERIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL TRATAMIENTO DE DESASTRINGENCIA DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE' EN FUNCIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ

A continuación se muestra, de acuerdo con apartado III.1.2.1 presentado en el capítulo III. 'Material y Métodos', los estados de madurez de caqui 'Rojo Brillante' sobre los que fueron ensayadas condiciones del tratamiento de desastringencia con altas concentraciones de CO₂ (concentración de CO₂ – temperatura) para el estudio de su efectividad en función del estado de madurez del fruto.

De acuerdo a la caracterización presentada en el apartado anterior (IV.1.1), los Estados de Madurez estudiados en la presente experiencia fueron MII, MIII y MV.



IV.2.1.1. Características de la fruta en recolección

En la Tabla IV.2.1.1 se presentan las características de la fruta en recolección para cada uno de los estados de madurez con los que se ha trabajado en la presente experiencia. Se observa como a medida que la maduración avanza la firmeza, el contenido de taninos solubles e índice de taninos disminuyen, mientras que el índice de color y producción de acetaldehído aumentan. No se observó producción de etanol para ninguno de los estados de madurez.

RECOLECCIÓN			
	M II	M III	M V
Firmeza (N)	55.51c	39.05b	26.78a
Color (1000a/Lb)	2.18a	12.04b	22.07c
Taninos Solubles (%)	0.78b	0.68b	0.43 a
AcH (mg/100mL)	0.12a	0.18b	0.24c
EtOH (mg/100mL)	0.0a	0.0a	0.0 a
Índice de Taninos (1 a 5)	2.87c	2.7b	2.3a

Tabla IV.2.1.1. Características en recolección de los distintos estados de madurez (MII, MIII, MIV).

IV.2.1.2. Evaluación sensorial de la astringencia

La eficacia de los distintos tratamientos de desastringencia fue evaluada sensorialmente dando a los frutos valoraciones de astringente, ligeramente astringente o no astringente. Los resultados fueron expresados como porcentaje de frutos que presentaban cada uno de los niveles de astringencia.

Para fruta en **estado de madurez MII**, la evaluación sensorial de la astringencia fue realizada una vez transcurridos 6 días a 20°C tras la aplicación de los distintos tratamientos de CO₂ (Fig. IV.2.1.1). El tratamiento aplicado en condiciones estándar (95% CO₂ - 20°C) fue el único que se mostró totalmente eficaz, sin detectarse astringencia en ninguno de los frutos evaluados.

La aplicación del tratamiento con concentraciones de CO₂ de 95% y temperatura de 12°C, resultó en un 20% de frutos con presencia de astringencia (6% ligera, 14% astringente).

La aplicación de concentraciones de CO₂ del 80% mostró ser un tratamiento no efectivo en este estado de madurez de la fruta, ya que el tratamiento 80% CO₂ - 20°C resultó en un 20% de frutos astringentes y aplicado a 12°C los catadores detectaron astringencia en un 80% de los frutos.

La evaluación sensorial de frutos en **estado de madurez MIII** fue realizada diariamente tras la aplicación de los diferentes tratamientos de desastringencia (Fig. IV.2.1.1). El tratamiento estándar (95% CO₂ - 20°C) resultó efectivo inmediatamente tras su aplicación, día 0, siendo evaluados el 100% de los frutos como no astringentes.

El tratamiento de 95% CO₂ aplicado a 12°C resultó en un pequeño porcentaje de los frutos con presencia de astringencia tras el tratamiento, sin embargo esta fue desapareciendo con el tiempo, pasando de un 15% de frutos astringentes en el día 0 (5% astringentes y 10% ligeros) a un 5% de frutos ligeramente astringentes tras 2 días y a una eficacia total del tratamiento al cabo de 3 días.

El tratamiento de 80% CO₂ -12°C, si bien presentaba el mayor porcentaje de frutos astringentes inmediatamente tras su aplicación, con una alta intensidad de astringencia (25% de frutos astringentes y 5% ligeros), sufrió un importante descenso de la misma con el tiempo y al cabo de 6 días presentó un 100% de los frutos no astringentes.

El tratamiento 80% CO₂ - 20°C no resultó eficaz en este estado de madurez, mostrando un porcentaje de frutos astringentes, sin observarse en este caso un descenso de la astringencia con el tiempo posterior al tratamiento. Así, tras 6 días a 20°C un 5% de frutos fueron evaluados como astringentes y 5% de frutos como ligeramente astringentes.

La evaluación sensorial diaria de la fruta en **estado de madurez MV** reflejó que el tratamiento estándar (95% CO₂ – 20°C) fue totalmente eficaz desde el primer día de aplicación del mismo (Fig. IV.2.1.1).

El tratamiento de 80% de CO₂ aplicado a 20°C, se mostró totalmente eficaz transcurridos 2 días de su aplicación. Evaluaciones realizadas en días anteriores indican que un porcentaje de los frutos presentaba astringencia, desapareciendo esta a medida que transcurrió el tiempo.

Los tratamientos aplicados a 12°C (tanto al 80% como al 95% de CO₂) presentaron, incluso transcurridos 6 días tras la aplicación del tratamiento, un porcentaje cercano al 10% de frutos ligeramente astringentes por lo que no se pueden considerar eficaces en este estado de madurez.

Si comparamos los resultados obtenidos transcurridos 6 días de la aplicación de los tratamientos para cada uno de los estados de madurez, podemos observar como fruta en estado MII presentó las mayores dificultades para la desastringencia de los frutos, siendo necesaria la aplicación del tratamiento estándar (95% CO₂ – 20°C) para una completa desastringencia.

En el presente trabajo, el estado de madurez del fruto ha mostrado influir de manera importante en la efectividad del tratamiento. Por otra parte, también se ha observado un efecto de la concentración de CO₂ y la temperatura de aplicación del tratamiento.

IV. Resultados y Discusión

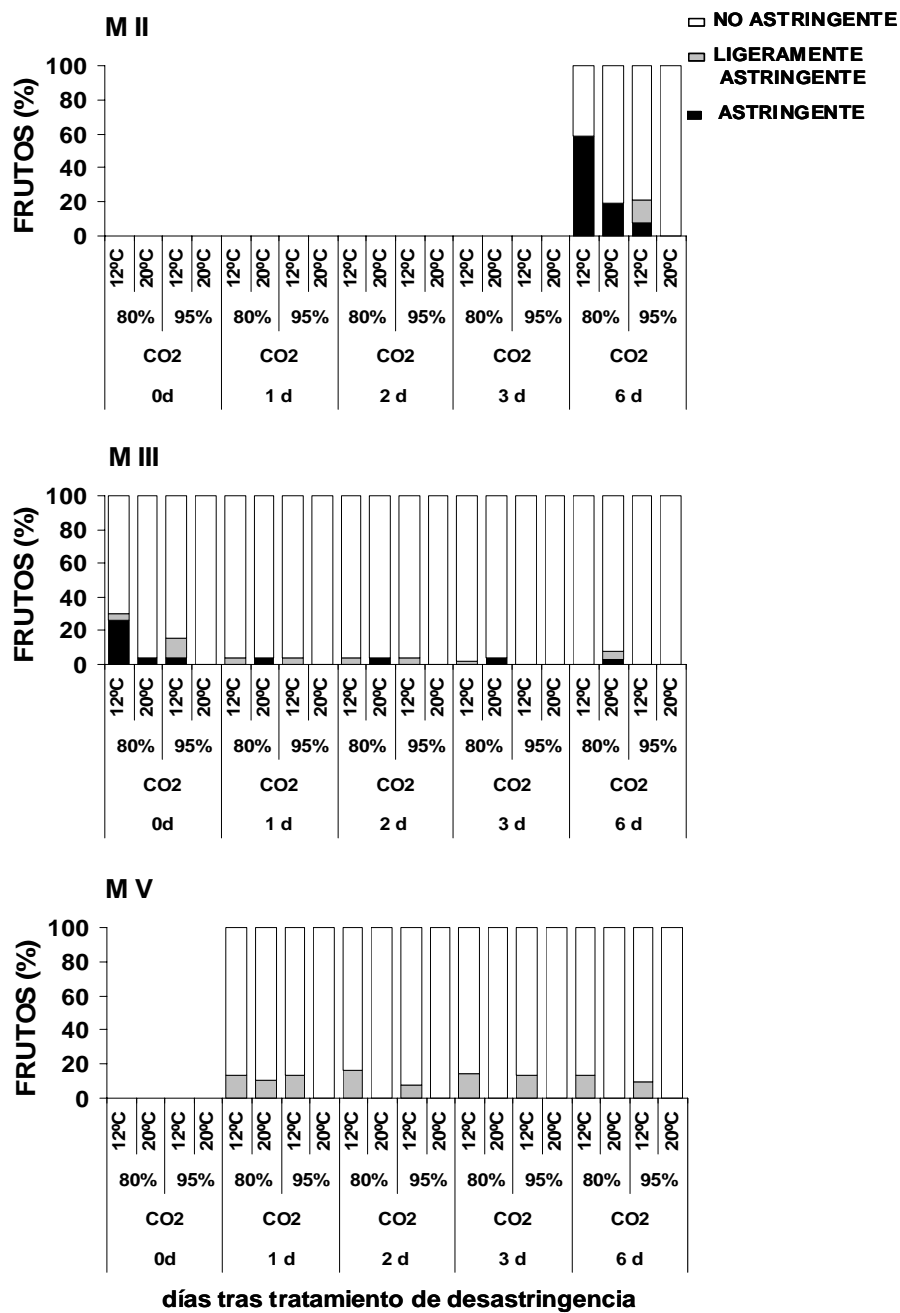


Figura IV.2.1.1. Evaluación sensorial de la astringencia de frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados en Estado de Madurez MII, MIII y MV tras ser sometidos a diferentes tratamientos de desastringencia (TD) (% CO₂ - T°) durante 24h.

IV.2.1.3. Producción de Acetaldehído

La fruta presentó en recolección para todos los estados de madurez una baja producción de acetaldehído (AcH), con valores de 0.12, 0.18, 0.24 mg/100mL para MII, MIII, MV respectivamente. Generalmente, tras el tratamiento de desastringencia la producción de AcH sufre un acusado incremento, siendo esta la base de la eficacia del tratamiento, ya que la eliminación de la astringencia tiene lugar por unión de los taninos solubles al acetaldehído producido por el fruto en la respiración anaerobia.

Tras la aplicación de los distintos tratamientos de desastringencia a fruta en **estado de madurez MII**, se observó un importante incremento en la producción de AcH en frutos sometidos al tratamiento estándar (95% CO₂ -20°C), presentando valores de 5 mg/100mL inmediatamente tras la aplicación del tratamiento. Tras un día a 20°C la producción de AcH descendió a valores cercanos a 2 mg/100mL manteniéndose constante durante los días posteriores (Fig. IV.2.1.2A).

Fruta tratada a 95% CO₂ -12°C y 80% CO₂ -20°C presentó valores similares entre sí tras un día a 20°C, con una producción de AcH en torno a 1 mg/100mL. Sin embargo, inmediatamente tras el tratamiento, si bien fruta 80% CO₂ - 20°C presentó su máxima producción con valores superiores a 2 mg/100 mL, fruta 95% CO₂ -12°C mostró valores cercanos al de recolección, teniendo lugar el incremento de AcH tras 1 día a 20°C.

Fruta tratada a 80% CO₂ -12°C presentó los niveles más bajos de AcH tras la aplicación del tratamiento. Inmediatamente tras el tratamiento presentó una producción de 1 mg/100mL, sin embargo tras un día a 20°C esta descendió a valores cercanos al de recolección.

Cuando los diferentes tratamientos de desastringencia fueron aplicados a fruta en **estado de madurez MIII**, toda la fruta presentó su máximo de producción inmediatamente tras la aplicación, día 0, pudiendo observarse diferencias entre tratamientos; así, fruta tratada con 95% de CO₂ (20°C y 12°C) presentó una producción de 9 mg/100mL, mientras que fruta tratada al 80% de CO₂ presentó valores de 6 y 5 mg/100mL para 20°C y 12°C respectivamente. Tras un día a 20°C se observó para todos los tratamientos un importante descenso en la producción, cayendo a valores en torno a 2-3 mg/100mL y mostrando la fruta de todos los tratamientos valores muy similares durante los días posteriores, sin embargo en todo momento fue el tratamiento estándar (95% CO₂ -20°C) el que presentó los mayores valores de producción (Fig IV.2.1.2A).

Tras la aplicación de los distintos tratamientos de desastringencia a fruta en **estado de madurez MV**, se observó un incremento en la producción de AcH en todos los tratamientos respecto a la presentada en el momento de recolección, presentando valores entre 1-2 mg/100mL tras un día a 20°C. Fruta tratada a 20°C (80% CO₂ y 95% CO₂) presentó una producción ligeramente superior a aquella fruta tratada a 12°C (80% CO₂ y 95% CO₂) durante los dos días posteriores al tratamiento. Transcurridos 3 días a 20°C estas diferencias dejaron de apreciarse. Para cada una de las temperaturas de tratamiento ensayadas (20°C y 12°C) no fueron observadas diferencias de producción de AcH en función de la concentración de CO₂ aplicada (Fig IV.2.1.2A).

IV.2.1.4. Producción de Etanol

Independientemente del estado de madurez de la fruta no fue detectada producción de etanol (EtOH) en recolección (Tabla IV.2.1.1).

Tras la aplicación de los distintos tratamiento de desastringencia la producción de etanol siguió un patrón similar para los distintos estados de madurez. Así, la aplicación del tratamiento estándar (95% CO₂ - 20°C) resultó en un importante incremento en la producción de EtOH, alcanzando valores cercanos a 30 mg/100mL en el día 0 para todos los estados de madurez y permaneciendo en torno a este valor en los días posteriores a 20°C (Fig. IV.2.1.2B).

El incremento observado tras la aplicación del resto de tratamientos de desastringencia fue menor en todos los casos. En el estado MII y MIII no fueron observadas diferencias entre los tratamientos aplicados a 80% de CO₂ (80% CO₂ - 12°C, 80% CO₂ - 20°C), permaneciendo en valores cercanos a 0 mg/100mL en fruta MII y en valores cercanos a 10 mg/100mL en fruta en estado MIII. En ambos estados de madurez el tratamiento 95% CO₂ - 12°C presentó una producción de EtOH superior, mostrando valores en torno a 10 mg/100mL (MII) y 20 mg/100mL (MIII).

Un comportamiento ligeramente diferente fue observado cuando los tratamientos fueron aplicados a fruta en estado MV. En este estado de madurez, el tratamiento 80% CO₂ - 12°C resultó en los valores más bajos de producción de EtOH, mientras que el tratamiento 80% CO₂ - 20°C resultó en una producción ligeramente superior que igualó a la de la fruta tratada al 95% CO₂ -12°C.

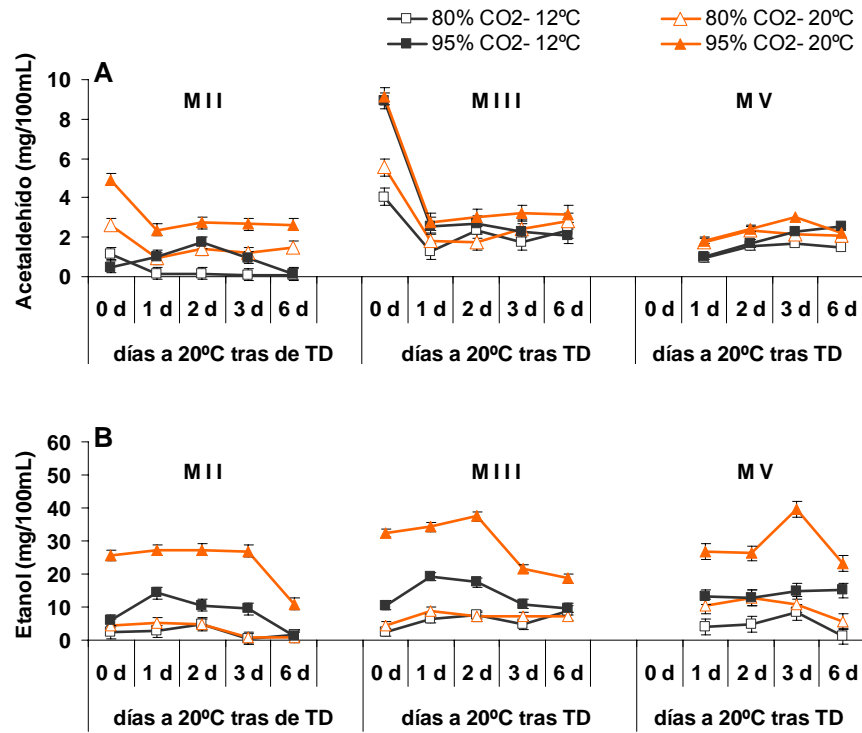


Figura IV.2.1.2. Evolución de la Producción de Acetaldehído (A) y Etanol (B) (mg/100mL) de frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados en Estado de Madurez M II, M III y MV tras ser sometidos a diferentes tratamientos de desastringencia (TD) (% CO₂ - T^a) durante 24h. Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P=0.05$).

IV.2.1.5. Taninos Solubles

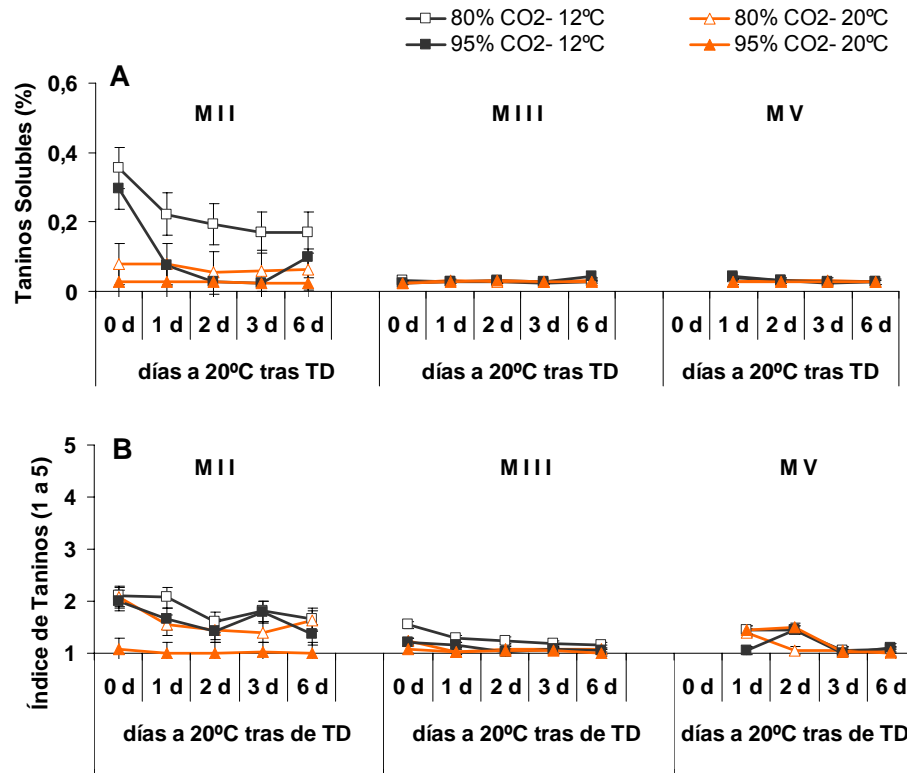
El contenido de taninos solubles (TS) en el momento de recolección de los tres estados de madurez ensayados mostró el habitual descenso que tiene lugar a medida que el fruto madura, con valores desde 0.78 % en el estado MII a 0.43% en el estado MV.

Cuando los distintos tratamientos de desastringencia fueron aplicados, en todos los estados de madurez y para todos los tratamientos ensayados se observó un importante descenso del contenido de taninos solubles respecto a los valores de recolección (Fig. IV.2.1.3A).

Tras la aplicación de los distintos tratamientos a fruta en **estado de madurez MIII y MV** se observó, como resultado de todos ellos, un importante descenso del contenido de taninos solubles inmediatamente tras su aplicación, día 0, cayendo a valores de 0.02-0.03%, sin observarse diferencias entre tratamientos y manteniéndose estos valores constantes durante los días posteriores a la aplicación. Únicamente fueron observadas diferencias entre tratamientos cuando estos fueron ensayados en fruta en estado de madurez MII.

En el **estado de madurez MII**, el descenso de taninos solubles más importante fue observado tras la aplicación del tratamiento 95%CO₂ - 20°C, resultando en fruta con un contenido de TS de 0.02% que se mantuvo constantes durante los días posteriores. Un descenso ligeramente menos pronunciado se observó en fruta tratada con 80% de CO₂ a 20°C, la cual presentó un contenido de TS de 0.08%, valor que igualmente se mantuvo constante en el tiempo.

Cuando la temperatura de aplicación del tratamiento de desastringencia fue 12°C la fruta mantuvo en el día 0 un contenido elevado de TS, 0.3-0.4%. Fruta tratada a 95% CO₂ -12°C experimentó un importante descenso tras 1 día a 20°C, cayendo el contenido de TS a valores de 0.08% y descendiendo este gradualmente con el transcurso de los días a 20°C. Fruta tratada a 80% CO₂ - 12°C presentó un descenso mucho más paulatino, e incluso al cabo de 6 días a 20°C mantuvo un porcentaje de TS del 0.1% (Fig IV.2.1.3A).



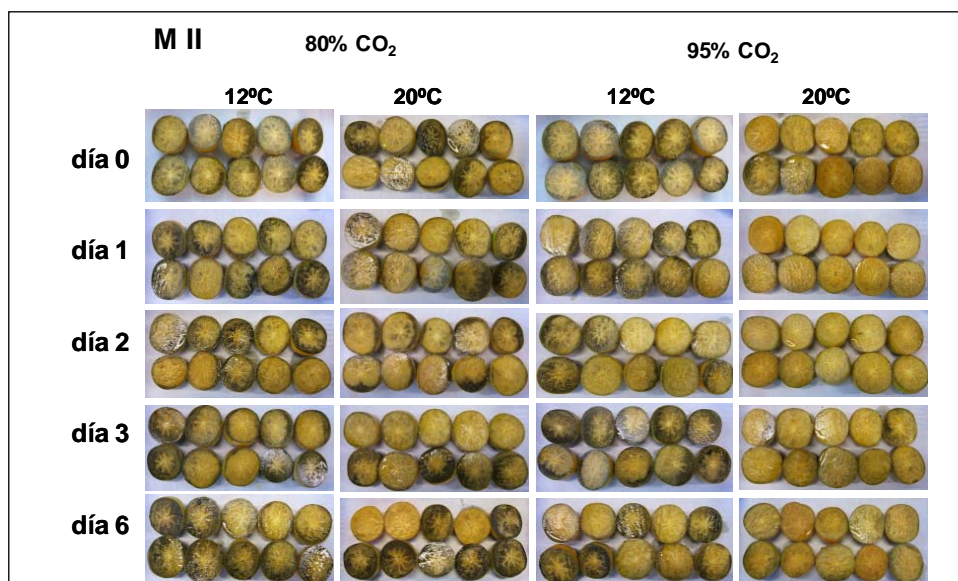
Índice de Taninos: 1 –no astringente a 5–máxima astringencia

Figura IV.2.1.3. Evolución del contenido de Taninos Solubles (A) y del Índice de Taninos (B) de frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados en Estado de Madurez M II, M III y MV tras ser sometidos a diferentes tratamientos de desastringencia (TD) (% CO₂ - T^a) durante 24h. Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P=0.05$).

IV.2.1.6. Índice de Taninos

La aplicación de los diferentes tratamiento de desastringencia a fruta en **estado de madurez MIII y MV**, causó un descenso importante del índice de taninos (IT), cayendo a valores cercanos a 1 desde el día 0 tras la aplicación de los tratamientos (Fig. IV.2.1.3B). Al igual que ocurría con el contenido de taninos solubles, el índice de taninos se mantuvo constante con el transcurso de los días a 20°C sin diferencias entre tratamientos.

En el **estado de madurez MII**, el único tratamiento que mostró un descenso del IT a valores de 1 desde el primer día de la aplicación fue el tratamiento estándar (95% CO₂ - 20°C). El resto de los tratamientos ensayados resultaron en valores de 2 en el día 0, experimentando un ligero descenso en los días posteriores sin llegar a alcanzar valores de 1 ni observarse diferencias importantes entre tratamientos (Foto. IV.2.1.1 y Fig. IV.2.1.3B).



Fotografía IV.2.1.1. Evolución del Índice de Taninos de frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados en Estado de Madurez M II tras ser sometidos a diferentes tratamientos de desastringencia (% CO₂ - Tª) durante 24h. Mayor tonalidad negra implica mayor índice de taninos solubles y por lo tanto mayor grado de astringencia.

Discusión

La evaluación sensorial de los frutos reveló un efecto del estado de madurez sobre la eficacia de los distintos tratamientos ensayados. En frutos en estado de madurez MII se observaron importantes diferencias de efectividad entre los distintos tratamientos transcurridos 6 días tras la aplicación de los mismos. En fruta en estados de madurez más avanzados los catadores detectaron diferencias muy ligeras transcurridos 6 días desde su aplicación.

El tratamiento estándar (95% CO₂ -20°C) fue el único que se mostró totalmente efectivo el mismo día de su aplicación para todos los estados de madurez ensayados, mostrando valores de no astringencia en la evaluación sensorial, contenido de taninos solubles e índice de taninos. Si bien no se poseen datos de evaluación sensorial para los días 0 a 3 tras el tratamiento de fruta en estado de madurez MII, el contenido de taninos solubles e índice de taninos indica que también en el estado MII el tratamiento habría resultado efectivo desde los primeros momentos.

El incremento más acusado en la producción de acetaldehído observado tras la aplicación del tratamiento estándar (95% CO₂ - 20°C) respecto al presentado por el resto de tratamientos ensayados, especialmente inmediatamente tras el tratamiento, explicaría el descenso de taninos solubles a valores muy bajos, 0.02%, y por tanto la mayor efectividad del tratamiento aplicado en condiciones estándar.

Algunos autores han planteado la existencia de dos etapas en el proceso de desastringencia, una en la que es necesaria la presencia de altas concentraciones de CO₂ para inducir la eliminación de la astringencia (Etapa I) y, una segunda, sin presencia de CO₂ en la que la astringencia va desapareciendo gradualmente (Etapa II) (Kitagawa y Glucina, 1984). De acuerdo con estos autores, en la presente experiencia se ha observado como los tratamientos a 95% CO₂ -12°C, 80% CO₂ -20°C y 80% CO₂ -12°C han resultado en un nivel de astringencia en el día de su aplicación que paulatinamente ha ido descendiendo. Transcurridos 6 días de la aplicación de estos tratamientos, ninguno de ellos aplicado a fruta en estado MII ha sido totalmente efectivo, sin embargo los tratamientos 95% CO₂ -12°C y 80% CO₂ -12°C resultaron tras 6 días totalmente eficaces cuando fueron aplicados a fruta en estado MIII, e igualmente, el tratamiento 80% CO₂ -20°C fue efectivo cuando fue aplicado a fruta en estado MV.

Como ha sido previamente reportado por Ben- Arie y Sonego (1993), la eficacia de la eliminación de la astringencia con altas concentraciones de CO₂, además del cultivar, depende de otros factores como duración del tratamiento, temperatura, y estado de madurez del fruto. En el tratamiento de fruta en estado MIII, la concentración de CO₂

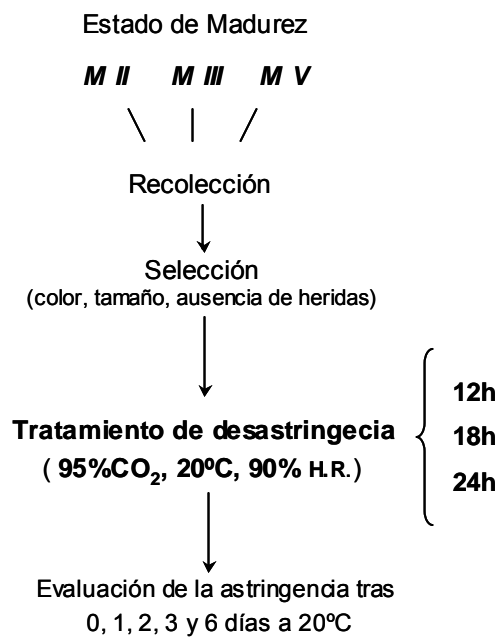
IV. Resultados y Discusión

parece ser el factor limitante para la eficacia, mientras que en el estado MV fue la temperatura de aplicación la que jugó un papel determinante en la eficacia del tratamiento.

IV.2.2. OPTIMIZACIÓN DEL TRATAMIENTO DE DESASTRINGENCIA, BASADO EN CONCENTRACIONES DE CO₂ DEL 95%, EN FUNCIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'

A continuación se muestra, de acuerdo con el apartado III.1.2.2 presentado en el capítulo III. 'Material y Métodos', los estados de madurez de caqui 'Rojo Brillante' sobre los que fueron ensayadas distintas duraciones del tratamiento de desastringencia basado en concentraciones de CO₂ del 95% para el estudio de la efectividad de dichos tratamientos en función del estado de madurez del fruto.

De acuerdo a la caracterización realizada en el apartado IV.1.1 de este capítulo, los Estados de Madurez estudiados en la presente experiencia fueron MII, MIII y MV.



IV.2.2.1. Características de la fruta en recolección

En la Tabla IV.2.2.1 se presentan las características de la fruta en recolección para cada uno de los estados de madurez con los que se ha trabajado en la presente experiencia. Como es de esperar, con el avance de la maduración se puede observar una disminución de la firmeza así como del contenido de taninos solubles e índice de taninos, mientras que el índice de color y producción de acetaldehído aumentan.

Tabla IV.2.2.1. Características en recolección de los distintos estados de madurez (MII, MIII, MIV).

	RECOLECCIÓN		
	M II	M III	M V
Firmeza (N)	42.3c	39.0b	19.6a
Color (1000a/Lb)	5.77a	11.95b	28.12c
Taninos Solubles (%)	0.69c	0.61b	0.48a
AcH (mg/100mL)	0.06a	0.07a	0.19b
EtOH (mg/100mL)	0.28c	0.14b	0.05a
Índice de Taninos (1 a 5)	3.3b	3.1b	2.7a

IV.2.2.2. Evaluación sensorial de la astringencia

La evaluación sensorial diaria de fruta en **estado de madurez MII** sometida a las diferentes duraciones del tratamiento de desastringencia al 95% CO₂, reveló que únicamente el tratamiento estándar (24h) resultó eficaz para la correcta desastringencia de fruta en dicho estado de madurez. En este ensayo, para la eficacia completa del tratamiento fue necesario un periodo de 2 días a 20°C tras la aplicación del mismo.

Duraciones de tratamiento de 12h y 18h, resultaron en un 90% y 30% respectivamente de frutos astringentes tras su aplicación. Para ambos tratamientos se observó un descenso del porcentaje de frutos astringentes con el tiempo tras la aplicación del mismo. En fruta tratada durante 18h esta pérdida gradual de astringencia fue apreciable tras 1 día a 20°C, resultando al cabo de 6 días en un 10% de frutos astringentes. El porcentaje de fruta astringente tratada durante 12h se mantuvo constante durante los dos días posteriores al tratamiento, y solo a partir del tercer día a 20°C se observó un descenso importante que se mantuvo tras los 6 días; aún así los catadores detectaron astringencia en un 50% de los frutos (Fig. IV.2.2.1).

Cuando las diferentes duraciones de tratamiento fueron ensayadas en fruta en **estado de madurez MIII**, tanto el tratamiento de 18h como el de 24h resultaron totalmente efectivos desde el día 0 tras la aplicación.

Fruta tratada durante 12h presentó un alto porcentaje de frutos astringentes tras el tratamiento (55%). Sin embargo desde el día siguiente a la aplicación del tratamiento se observó una importante pérdida de astringencia. A pesar de ello, incluso transcurridos 6 días a 20°C un pequeño porcentaje de frutos fue evaluado como ligeramente astringentes, por lo que el tratamiento no se puede considerar eficaz para la desastringencia de fruta en este estado de madurez (Fig. IV.2.2.1).

La respuesta de la fruta en **estado de madurez MV** a las distintas condiciones de tratamiento ensayadas, fue similar a la observada en fruta en estado MII. Así, el tratamiento estándar resultó totalmente eficaz al cabo de 2 días de su aplicación. El tratamiento de 18h, si bien presentó un porcentaje de frutos astringentes tras el tratamiento similar al observado en MII (30%), sufrió un mayor descenso de la astringencia durante el posteriormente periodo a 20°C, resultado totalmente eficaz al cabo de 6 días.

El tratamiento de 12h resultó en prácticamente el 100% de frutos astringentes tras su aplicación. Se observó una pérdida gradual de astringencia en los días

posteriores, pero incluso al cabo de 6 días a 20°C los catadores detectaron astringencia en un 30% de los frutos evaluados (Fig. IV.2.2.1).

Si comparamos el nivel de astringencia de frutos en los distintos estados de madurez transcurridos 6 días a 20°C tras la aplicación de los tratamientos, podemos observar como el estado de madurez del fruto juega un papel determinante en la eficacia de los tratamientos con altas concentraciones de CO₂. La correcta desastringencia de fruta en estado de madurez MII únicamente fue lograda mediante la aplicación del tratamiento de 24h. Sin embargo, el tratamiento de 18h resultó totalmente eficaz transcurridos 6 días de su aplicación a fruta en estado MIII y MV. Por su parte, el tratamiento de 12h no resultó eficaz para la desastringencia independientemente del estado de madurez de los frutos, siendo notablemente mayor el porcentaje de frutos astringentes y la intensidad de la astringencia en el estado MII. El porcentaje y la severidad de la astringencia fue menor para este tratamiento cuando fue aplicado a fruta en estado de madurez MIII.

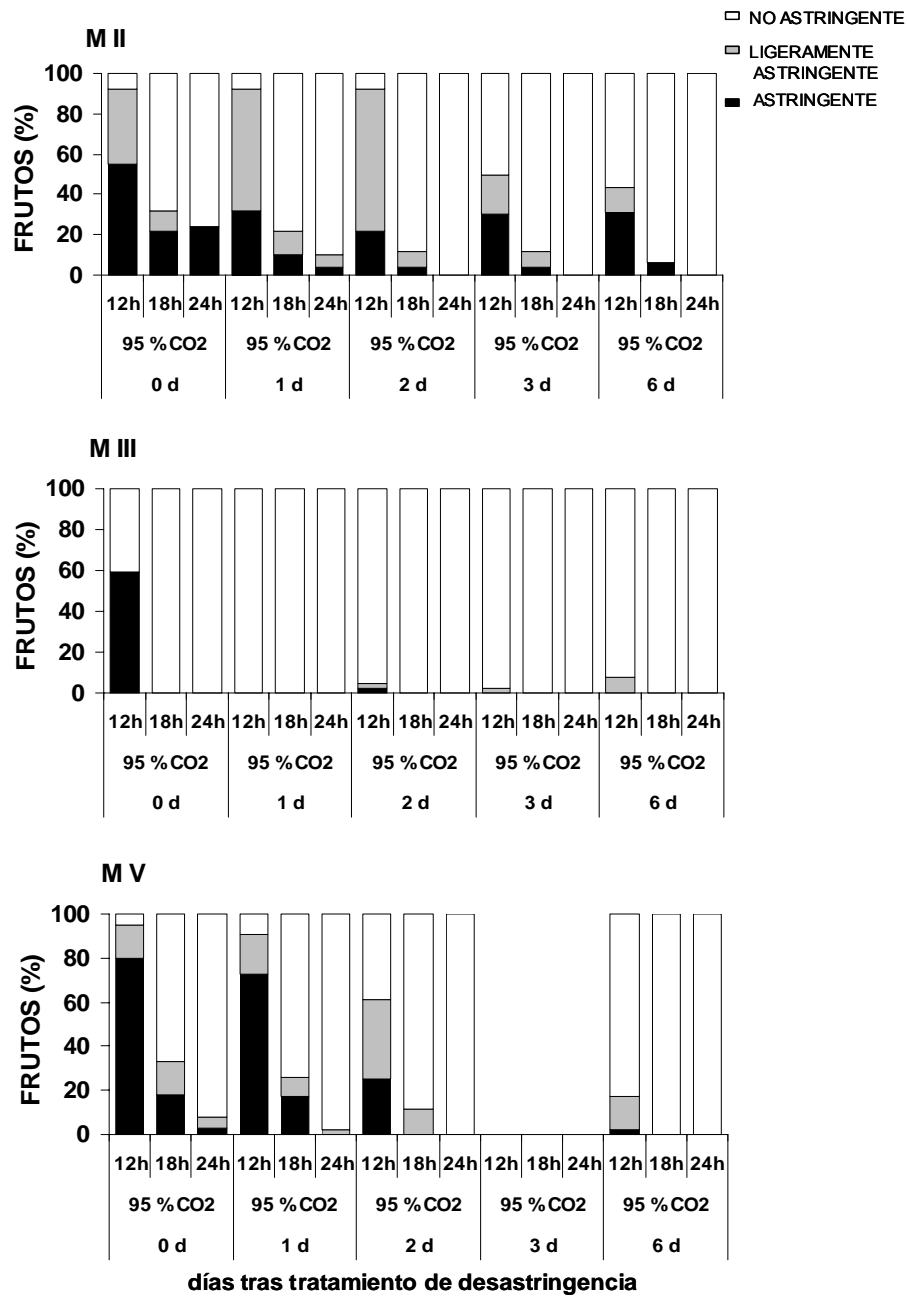


Figura IV.2.2.1. Evaluación sensorial de la astringencia de frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados en Estado de Madurez M II, M III y MV tras ser sometidos a tratamientos de desastringencia de 12h, 18h y 24h al 95% de CO₂ , 20°C .

IV.2.2.3. Producción de Acetaldehído y Etanol

La producción de acetaldehído (AcH) y etanol (EtOH) en recolección fue muy baja para todos los estados de madurez estudiados, presentando valores inferiores a 0.3 mg/100mL (Tabla IV.2.2.1).

Tras recibir los diferentes tratamientos de desastringencia, fruta **tratada durante 12h** fue la que presentó un menor incremento en su producción de AcH y EtOH (Fig. IV.2.2.2A y 2B). Fruta en estado de madurez MIII alcanzó valores de AcH de 2 mg/100mL y EtOH de 20 mg/100mL tras recibir el tratamiento de 12h, sin embargo aplicado a fruta en estado MII y MV resultó en una producción de AcH cercana a la de recolección y en niveles de EtOH de 10 mg/100mL.

Los **tratamientos de 18h y 24h** resultaron en un mayor incremento en la producción de ambos volátiles para todos los estados de madurez, presentando valores similares entre tratamientos aunque en general ligeramente más elevados para el tratamiento de 24h.

En el estado de madurez MII, la producción de AcH incrementó tras la aplicación de ambos tratamientos a valores en torno a 2 mg/100mL y la de EtOH a valores en torno a 15 mg/100mL, no sufriendo variaciones importantes durante el almacenamiento a 20°C.

En el estado de madurez MIII, si bien no se dispone de datos correspondientes al día 0 tras la aplicación de los tratamientos, al cabo de 1 día a 20°C la producción de AcH presentaba valores entre 3 - 4 mg/100mL, sin variaciones importantes a partir de este momento. La producción de EtOH presentó un importante incremento con valores superiores a 40 mg/100mL, descendiendo gradualmente con el transcurso de los días a 20°C.

En el estado de madurez MV, se observó un incremento importante de producción de volátiles justo tras el tratamiento, tras un día esta descendió y la producción de AcH mantuvo a partir de este momento un comportamiento similar al observado en fruta MIII. La producción de EtOH, se mantuvo en valores intermedios entre la presentada por fruta MII y el MIII.

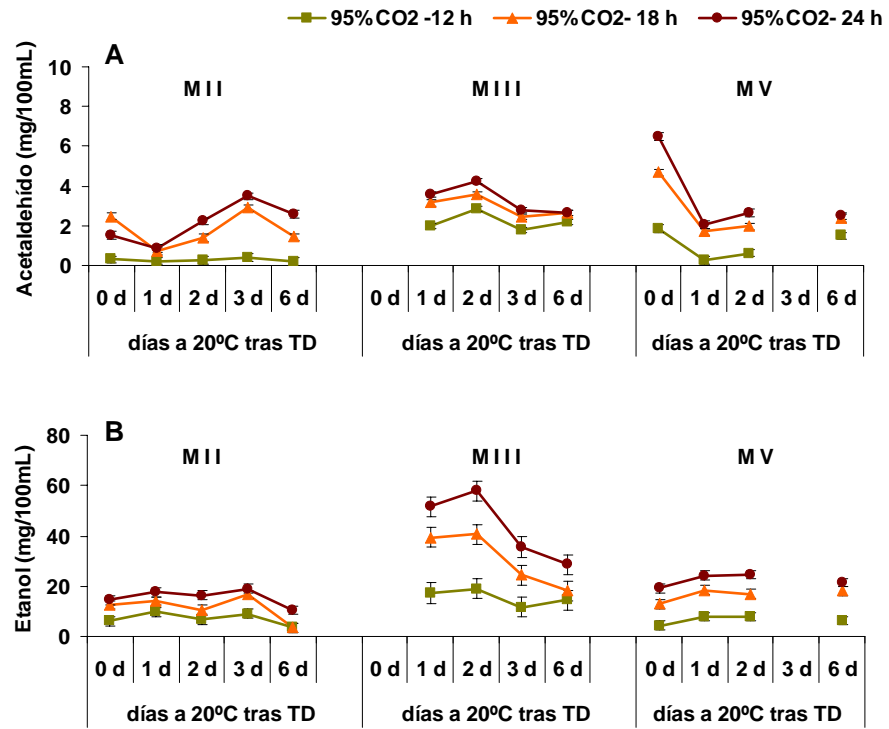


Figura IV.2.2.2. Evolución de la Producción de Acetaldehído (A) y Etanol (B) (mg/100mL) de frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados en Estado de Madurez M II, M III y MV tras ser sometidos a tratamientos de desastringencia (TD) de 12h, 18h y 24h al 95% de CO₂, 20°C . Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P=0.05$).

IV.2.2.4. Taninos Solubles

El contenido de taninos solubles (TS) en recolección presentó el esperado descenso con el avance de la maduración del fruto, con valores desde 0.7% para MII hasta 0.5% para MV.

Tras la aplicación de los distintos tratamientos de desastringencia se observó un descenso del contenido de taninos solubles en todos los tratamientos (Fig. IV.2.2.3A).

El **tratamiento de 12h** provocó un descenso hasta valores ligeramente superiores a 0.2% en el día 0 tras su aplicación. En los días posteriores a 20°C se observó tanto en fruta MII como en MV un descenso paulatino del contenido de taninos solubles. Tras 6 días a 20°C fruta MII mantuvo valores cercanos a 0.1%, mientras que fruta MV presentó valores de 0.03%, valores de no astringencia. En el estado de madurez intermedio, MIII, si bien la fruta mantuvo valores elevados justo tras el tratamiento de 12h, sufrió un importante descenso tras un día a 20°C, cayendo hasta valores de 0.03%.

Fruta **tratada durante 18h y 24h** presentó para todos los estados de madurez ensayados un acusado descenso del contenido de solubles, presentando valores en torno a 0.03 % desde los primeros momentos tras la aplicación de ambos tratamientos.

IV.2.2.5. Índice de Taninos

El índice de taninos (IT) en recolección presentó valores cercanos a 3 (valores de astringencia) para todos los estados de madurez.

Tras la aplicación de los distintos tratamientos de desastringencia se observó un descenso del índice de taninos en todos los tratamientos (Fig. IV.2.2.3B).

Tras recibir el **tratamiento de 12h**, fruta en estado de madurez MII mostró el mismo día de la aplicación del tratamiento, día 0, un IT cercano a 2; este descendió ligeramente durante los dos días posteriores al tratamiento, presentando valores de 1.3 que se mantuvieron constantes a partir de este momento.

Fruta en estado de madurez MIII presentó tras recibir el tratamiento de 12h valores de IT superiores a 2, sufriendo un descenso gradual con el tiempo tras la

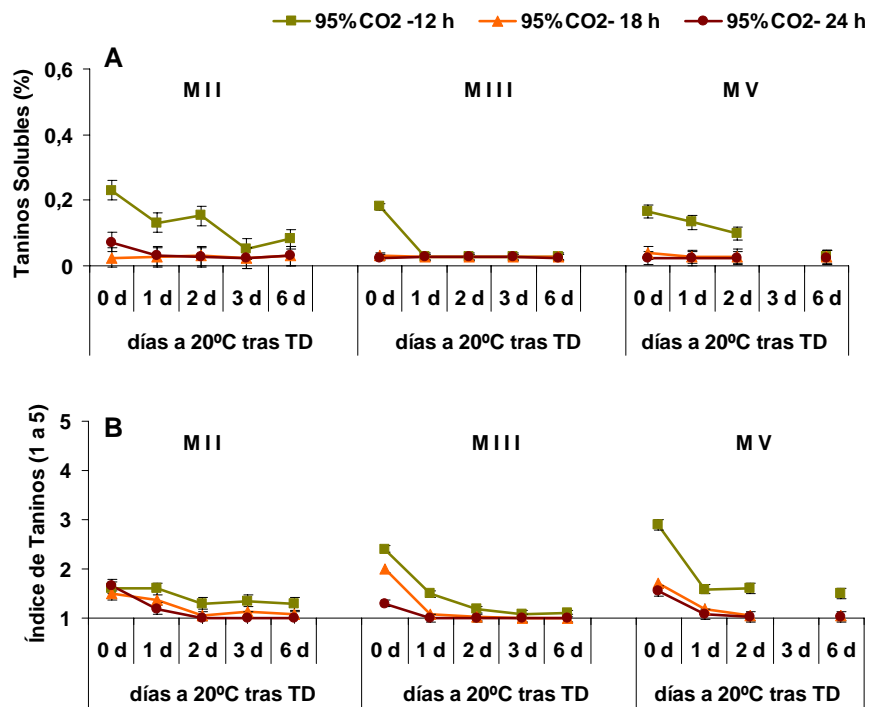
aplicación del tratamiento y presentando transcurridos tres días valores de 1, valores de no astringencia.

Fruta en estado de madurez MV presentó valores muy elevados de IT, 3, inmediatamente tras recibir el tratamiento de 12h; transcurrido un día el IT experimentó un importante descenso hasta valores de 1.5, manteniéndose constante a partir de este momento.

La aplicación de los **tratamientos de 18h y 24h** a fruta en estado de madurez MII resultó en un IT cercano a 2 inmediatamente tras el tratamiento, sufriendo este un gradual descenso y presentando tras 2 días valores de 1.

Cuando ambos tratamientos fueron aplicados a fruta en estado de madurez MIII, los valores de IT observados el mismo día de tratamiento fueron de 2 y 1.3 para el tratamiento de 18h y 24h respectivamente, transcurridos un día tras los tratamientos en ambos casos la fruta presentó valores de 1.

Fruta en estado de madurez MV presentó el mismo día de la aplicación de los tratamientos de 18h y 24h un IT cercano a 2. Transcurrido un día, para ambas duraciones del tratamiento se observó un descenso del IT presentando la fruta valores de 1 (Fig. IV.2.2.3B).



Índice de Taninos: 1 –no astringente a 5-máxima astringencia

Figura IV.2.2.3. Evolución del contenido de Taninos Solubles (A) e Índice de Taninos (B) de frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados en Estado de Madurez M II, M III y M V tras ser sometidos a tratamientos de desastringencia (TD) de 12h, 18h y 24h al 95% de CO₂, 20°C. Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P=0.05$).

Discusión

En la presente experiencia, el **tratamiento estándar (24h)** fue el único tratamiento ensayado que se mostró efectivo para todos los estados de madurez. Aplicado a fruta en estado de madurez MIII resultó totalmente eficaz desde el mismo día de su aplicación, sin embargo, cuando el tratamiento fue ensayado en fruta en estado de madurez MII y MV fue necesario un periodo de 2 días posterior a su aplicación para una total eliminación de la astringencia.

El **tratamiento de 18h**, si bien no fue totalmente eficaz en fruta en estado de madurez MII, resultó efectivo para la desastringencia de fruta en estado MIII y MV. Aplicado a fruta MIII mostró un 100% de eficacia desde el primer día tras su aplicación; aplicado a fruta en estado de madurez MV fue necesario un periodo de 6 días a 20°C para la total eficacia.

El **tratamiento de 12h** resultó en un porcentaje de frutos astringentes en todos los estados de madurez, por lo que debe ser descartado como tratamiento para la desastringencia de esta variedad de caqui.

Al igual que lo observado en la experiencia anterior, el estado de madurez MII ha mostrado las mayores dificultades para una correcta desastringencia

El hecho de que en el ensayo anterior (Caracterización y optimización del tratamiento de desastringencia de caqui 'Rojo Brillante' en función del estado de madurez) el tratamiento estándar resultase totalmente efectivo para todos los estados de madurez inmediatamente tras su aplicación, y que en la presente experiencia fuese necesario un tiempo posterior a su aplicación para la total eliminación de la astringencia, indica que otros factores, presumiblemente factores precosecha, estarían afectando a la efectividad del tratamiento.

IV.2.3. ESTUDIO FISIOLÓGICO Y MICROESTRUCTURAL DE LA EFICACIA DEL TRATAMIENTO DE DESASTRINGENCIA CON ALTAS CONCENTRACIONES DE CO₂ DURANTE LA CONSERVACIÓN DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE' A 15°C.

En la tabla se presenta, de acuerdo con el apartado III.1.3.1 presentado en el capítulo III. 'Material y Métodos', los diferentes momentos de aplicación del tratamiento de desastringencia (TD) ensayados durante la conservación a 15°C de caqui 'Rojo Brillante', para evaluar la eficacia de dicho tratamiento en función del momento de su aplicación.

Tratamiento	TD	Momento TD	Conservación	Comercialización
T1 (TD + C)	95% CO ₂ (24h,20°C)	Antes de C	10, 20, 30, 40 días a 15°C	5 días a 20°C
T2 (C + TD)		Después de C		

TD - tratamiento de desastringencia

C - conservación

IV.2.3.1. ESTUDIO FISIOLÓGICO Y FISICOQUÍMICO

Como se ha mencionado en la introducción, en la actualidad no existe una práctica habitual de conservación del caqui 'Rojo Brillante', pero en el caso de que se realice es a 15°C, sin embargo esta temperatura es demasiado alta para permitir periodos prolongados de almacenamiento.

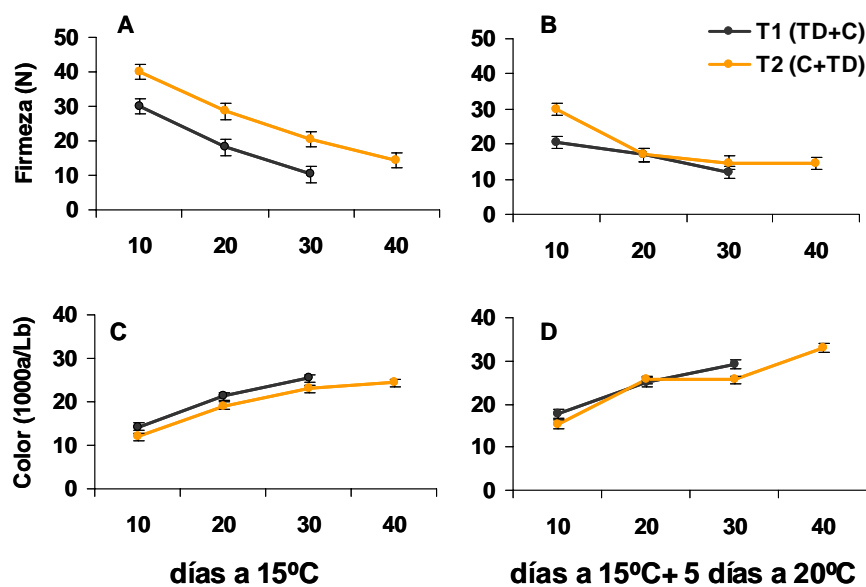
Durante el periodo de conservación a 15°C tanto las muestras T1, ya tratadas con CO₂, como las muestras T2, que aún no habían recibido el tratamiento, sufrieron una pérdida de **firmeza** progresiva, sin embargo este ablandamiento fue significativamente más importante en fruta T1. La fruta no tratada con CO₂, T2, mantuvo valores de firmeza comerciales hasta los 40 días de conservación a 15°C (Fig. IV.2.3.1A), mientras que la fruta T1 presentó valores en el límite comercial (10N) tras 30 días, siendo retirada del ensayo a partir de este momento.

Tras el periodo de comercialización la fruta que recibió el tratamiento de desastringencia previamente a la conservación (T1) sufrió un ligero ablandamiento respecto a la firmeza presentada en conservación (Fig. IV.2.3.1B).

Fruta sometida al tratamiento de desastringencia tras diferentes periodos de conservación (T2), presentó, tras la comercialización, una relevante pérdida de firmeza; tras 10 días mostró valores de firmeza de 30N, más altos que los mostrados por la fruta del T1, sin embargo tras 20 y 30 días ambos tratamientos mostraron valores similares. Tras 40 días, momento en que la fruta del T1 había sido retirada del ensayo por mostrar firmezas no comerciales, fruta del tratamiento T2 presentaba firmezas por encima de los 10N.

Durante el periodo de conservación a 15°C y posterior comercialización toda la fruta presentó un incremento gradual de **índice de color**, pasando de valores de 10.7 en recolección a valores superiores a 20 transcurridos 30 días a 15°C, no siendo observadas diferencias en la evolución del color entre la aplicación del tratamiento de desastringencia antes o después de la conservación a 15°C (Fig. IV.2.3.1C y 1D).

IV. Resultados y Discusión



Recolección: Firmeza 47.2 N; Índice de Color 10.7

Figura IV.2.3.1. Efecto sobre la Firmeza (N) e Índice de Color externo (1000a/ Lb) de caqui 'Rojo Brillante' del momento de aplicación del tratamiento de desastringencia (TD) (95%CO₂, 20°C, 24h), previa (T1, TD+C) o posteriormente (T2, C+TD) a diferentes periodos de conservación a 15°C (A, C) y posterior comercialización de 5 días a 20°C (B,D). Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P=0.05$)

El **Índice de taninos** (IT), el **contenido en taninos solubles** (TS), la **producción de acetaldehído** y el **análisis sensorial**, son todos ellos parámetros íntimamente relacionados con la astringencia del caqui.

Cuando el **tratamiento de desastringencia** fue realizado **previamente a la conservación** (T1), el **índice de Taninos** sufrió un descenso desde valores de recolección de 3 (astringente) a valores de 1 (fruta no astringente) tras 10 días de conservación, manteniéndose en este valor durante todo el periodo de conservación así como en la posterior comercialización (Fig. IV.2.3.2A y 2B). Esta reducción de la astringencia fue así mismo reflejada en el contenido de **Taninos Solubles**, ya que en todo momento tras el tratamiento de CO₂ la fruta presentó valores muy bajos, en torno a 0.02%, respecto a valores de 0.60% en recolección (Fig. IV.2.3.2C y 2D).

La **producción de acetaldehído** se incrementó tras el tratamiento con CO₂ desde valores de 0 en recolección hasta valores de 3 mg/100mL tras 10 días de conservación y se mantuvo constante durante el almacenamiento a 15°C (Fig. IV.2.3.2E). Cuando la fruta fue transferida a temperaturas de comercialización a partir de los 20 días, se observó un ligero descenso de los valores de acetaldehído (Fig. IV.2.3.2F).

La **evaluación sensorial** tras el periodo de comercialización de la fruta T1, tratada con CO₂ antes de ser conservada a 15°C, indica que desde la primera evaluación realizada a los 10 días hasta el final de la conservación los catadores no detectaron astringencia en la fruta (Tabla IV.2.3.1).

En el caso del T2, en el que el **tratamiento de desastringencia** fue aplicado **tras** los diferentes periodos de **conservación a 15°C**, se observó que durante el almacenamiento a 15°C la fruta presentó, como cabía esperar, valores muy próximos a los de recolección en los parámetros relacionados con la astringencia, manteniendo valores de IT en torno a 3, un elevado porcentaje taninos solubles (0.5%) y una producción de acetaldehído muy baja, en torno a 0.3 mg/100mL, lo que refleja una elevada astringencia de la fruta (Fig. IV.2.3.2A, 2C, 2E).

Cuando tras 10 días de conservación a 15°C la fruta fue tratada con CO₂ y transferida a temperatura de comercialización, el **índice de taninos** sufrió un acusado descenso presentando valor de 1. Sin embargo es importante destacar que a medida que avanzó la conservación el descenso del IT con la aplicación del tratamiento con CO₂ fue menor, presentando la fruta tratada tras 40 días de conservación valores de IT cercanos a 3 tras la comercialización (Fig. IV.2.3.2B). Este hecho indica una pérdida de

eficacia del tratamiento de desastringencia; esta pérdida de eficacia quedó así mismo reflejada tanto en el análisis sensorial como en el contenido de taninos solubles.

El **contenido de taninos solubles** descendió a valores cercanos a 0.02% cuando la fruta fue tratada con CO₂ tras 10 y 20 días de conservación; a partir de este momento la fruta presentó valores de TS más elevados tras el tratamiento, siendo la concentración alcanzada superior al 0.09 % cuando la fruta fue tratada tras 40 días (Fig. IV.2.3.2D).

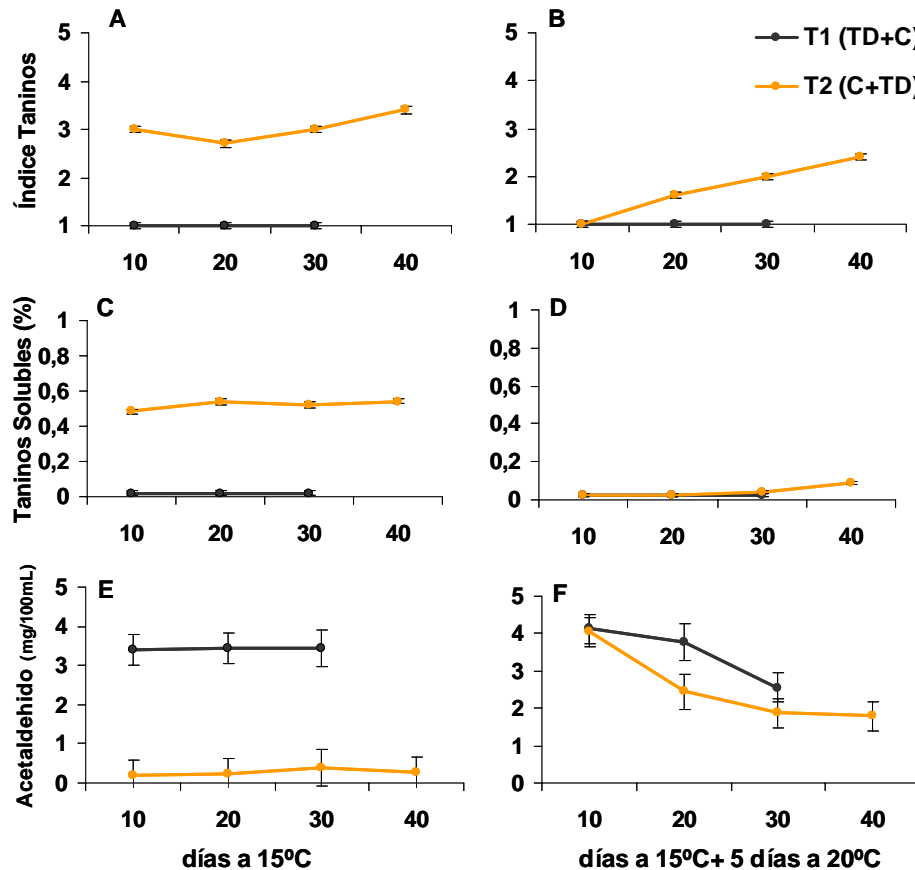
En cuanto a la **evaluación sensorial** de los frutos, esta nos indica que cuando la fruta fue tratada con CO₂ durante los primeros 20 días de conservación a 15°C, los panelistas no detectaron astringencia en los frutos (valores de 1), mientras que fruta tratada en momentos más avanzados de la conservación provocó en los catadores sensación de astringencia, siendo está más evidente cuanto más largos fueron los periodos de conservación a 15°C previos a la aplicación del tratamiento (Tabla IV.2.3.1).

Aunque ha sido definido en otras variedades de caqui un umbral mínimo de taninos solubles a partir del cual estos provocan sensación de astringencia al morder el fruto (Yamada et al., 2002), en 'Rojo Brillante' dicho umbral no está bien definido. Según los resultados aquí presentados, la pérdida de eficacia del tratamiento de desastringencia no fue percibida por los catadores hasta los 30 días. Esto nos lleva a pensar que la cantidad de taninos solubles presente tras 20 días a 15°C más 5 días a 20°C fue inferior al umbral detectable por el consumidor.

Cuando la fruta es sometida al tratamiento con altas concentraciones de CO₂ los taninos sufren una polimerización, por unión con el acetaldehído acumulado en la pulpa, volviéndose insolubles (Taira, 1997; Kitagawa y Glucina, 1984). Varios autores han descrito una correlación directa entre la cantidad de acetaldehído acumulado en la pulpa y el descenso de los taninos solubles y por lo tanto de la astringencia (Pesis et al., 1987; Taira et al., 2001).

En la presente experiencia, cuando el tratamiento de desastringencia fue aplicado tras un periodo de conservación de 10 días provocó un importante incremento en la **producción de acetaldehído**, alcanzando valores cercanos a 4 mg/100mL, sin embargo este incremento fue paulatinamente menor con el avance de la conservación; así tras 40 días el valor alcanzado tras aplicar el tratamiento de CO₂ no superó 2.5 mg/100mL (Fig. IV.2.3.2F). De acuerdo con esto, una menor acumulación de acetaldehído cuando la fruta fue tratada con CO₂ tras 20 días de conservación a 15°C, sería la causa de un descenso menos acusado de los taninos solubles responsables del carácter astringente de la fruta.

Los resultados obtenidos para todos los parámetros relacionados con la astringencia del fruto indican que realmente existe una pérdida de eficacia del tratamiento de desastringencia con altas concentraciones de CO₂ cuando este es aplicado a la fruta tras un periodo de conservación a 15°C de 20 ó 30 días.



Recolección: IT, 3; Contenido TS, 0.60 % p.f.; Producción de AcH, 0.09 mg/100mL

Figura IV.2.3.2. Efecto sobre el Índice de Taninos, contenido de Taninos Solubles y producción de Acetaldehído de caqui 'Rojo Brillante' del momento de aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h), previa (T1, TD+C) o posteriormente (T2, C+TD) a diferentes periodos de conservación a 15°C (A,C,E) y posterior comercialización de 5 días a 20°C (B,D,F). Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P=0.05$)

Tabla IV.2.3.1. Efecto del momento de aplicación del tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h), previa (T1, TD+C) o posteriormente (T2, C+TD) a diferentes periodos de conservación a 15°C, sobre la evaluación sensorial de la astringencia de caqui 'Rojo Brillante' tras un periodo de comercialización posterior de 5 días a 20°C. Valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente al 5% (test LSD).

EVALUACIÓN SENSORIAL DE ASTRINGENCIA				
(1- no astringente a 4- muy astringente)				
	días a 15°C + 5 días a 20°C			
	10	20	30	40
TD + C	1,0 a	1,0 a	1,0 a	-----
C + TD	1,0 a	1,0 a	1,5 b	1,8c

C – conservación

TD-tratamiento de desastringencia

IV.2.3.1. ESTUDIO MICROESTRUCTURAL

El estudio microestructural fue realizado por Cryo-SEM sobre muestras de fruta T2 (aplicación del tratamiento de CO₂ tras la conservación). Para ello, muestras de pulpa de caqui fueron observadas tras diferentes periodos de conservación a 15°C (Foto. IV.2.3.1), así como tras la aplicación del tratamiento de desastringencia seguido de un periodo de comercialización de 5 días a 20°C (Foto. IV.2.3.2).

En la Fotografía IV.2.3.1 se presentan las micrografías de muestras de pulpa de caqui correspondientes a fruta T2 almacenada durante 10, 20, 30 y 40 días a 15°C. A medida que aumenta el tiempo de almacenamiento se observa una mayor alteración del material vegetal, con una degradación de membranas y paredes vegetales paulatinamente más acusada (Foto. IV.2.3.1A, 1C, 1E y 1G). Tras 10 y 20 días de conservación los espacios intercelulares se encuentran fundamentalmente ocupados por aire, y este hecho se relaciona con la integridad de membranas y paredes (Foto IV.2.3.1B y 1D). Sin embargo, a partir de los 30 días de almacenamiento a 15°C se observan espacios intercelulares repletos de material soluble procedente del interior de las células (Foto. IV.2.3.1E y 1F). En la Fotografía IV.2.3.1F correspondiente a un periodo de conservación de 30 días se observa con detalle el alto grado de degradación que presentan algunas paredes celulares (cwd). La pérdida de material adhesivo como cemento en las paredes celulares podría explicar la desestructuración observada, especialmente tras 40 días de conservación, con presencia de espacios intercelulares invadidos por material soluble (Foto IV.2.3.1G y 1H).

La pérdida de la estructura inicial de la pulpa con el avance del almacenamiento estaría relacionada con el ablandamiento progresivo observado en la pulpa del fruto (Fig. IV.2.3.1A).

Por otra, en las Fotografías IV.2.3.1A, 1C, 1E y 1G puede observarse durante la conservación la presencia de una cierta cantidad de material insoluble en el interior de algunas células, sin apreciarse diferencias entre muestras a medida que aumenta el tiempo de conservación. Como se ha observado previamente (apartado IV.1.1 del presente capítulo), la presencia de estos taninos insolubles, parece estar relacionada con el estado de madurez de la fruta.

Tras la aplicación del tratamiento de desastringencia con CO₂ después de los distintos periodos de conservación a 15°C (Foto. IV.2.3.2), el hecho más significativo es que las membranas y paredes celulares presentan una mayor degradación que aquellas muestras correspondientes a estos mismos periodos de almacenamiento a 15°C previos a la aplicación del CO₂ (Foto. IV.2.3.1). Esta degradación de membranas y paredes

celulares tras el tratamiento de CO₂ explicaría el ablandamiento observado tras los distintos periodos de comercialización (Fig. IV.2.3.1B) respecto a los valores de firmeza en conservación (Fig. IV.2.3.1A).

El tratamiento con CO₂ provoca la insolubilización de taninos en el interior de algunas células tánicas. Después de la aplicación de altas concentraciones de CO₂, tras 10 y 20 días de conservación a 15°C (Foto. IV.2.3.2A, 2C), puede observarse gran acumulación de células repletas de material insoluble (tc), algunas de ellas formando clusters de células tánicas con material insolubilizado. En la Fotografía IV.2.3.2B puede observarse con más detalle la degradación del tonoplasto (dt) de estas células. En este momento, la estructura de la célula presenta espacios intercelulares principalmente llenos de aire (Foto. IV.2.3.2B y 2D). Esta estructura coincide con aquella observada tras 10 y 20 días de conservación (Foto. IV.2.3.1A y 1C) previamente a la aplicación del CO₂. Sin embargo, cuando el tratamiento de CO₂ fue aplicado tras 30 y 40 días de conservación a 15°C (Foto. IV.2.3.2E y 2G) la presencia de células tánicas con material insolubilizado en su interior es escasa, y los espacios intercelulares aparecen invadidos tanto por material soluble como insoluble (Foto. IV.2.3.2E, 2F, 2G y 2H). En este momento de la conservación se observó una estructura celular más afectada y el material soluble que invade los espacios intercelulares estaría limitando la penetración de CO₂ durante el tratamiento. La escasa presencia de células tánicas con material insolubilizado indicaría una pérdida de eficacia del tratamiento de desastringencia durante la conservación a 15°C, lo que coincide con los resultados de parámetros como índice de taninos, taninos solubles, producción de acetaldehído y evaluación sensorial, que igualmente revelaban una pérdida de eficacia del tratamiento aplicado tras 30 días de conservación a 15°C.

Schotsmans et al. (2004) observaron que cambios de difusividad de CO₂ y O₂ durante el almacenamiento coincidían con cambios en los espacios intercelulares presentes y en la forma de las células. Así una difusión del CO₂ dificultada resultaría en una tasa de respiración anaerobia más baja y por consiguiente en una menor acumulación de acetaldehído. Esto causaría, según lo explicado, una pérdida de eficacia del tratamiento de desastringencia.

Mediante la técnica SEM se realizó un estudio comparativo entre muestras en las que la aplicación del CO₂ se realizó antes de la conservación, T1, (Foto. IV.2.3.4) y muestras en las que la aplicación del CO₂ se realizó tras la conservación, T2, (Foto. IV.2.3.3). Los periodos de conservación a 15°C seleccionados para su observación fueron 20 y 30 días, ya que el estudio realizado por Cryo-SEM mostró que en estos periodos tenían lugar los mayores cambios microestructurales.

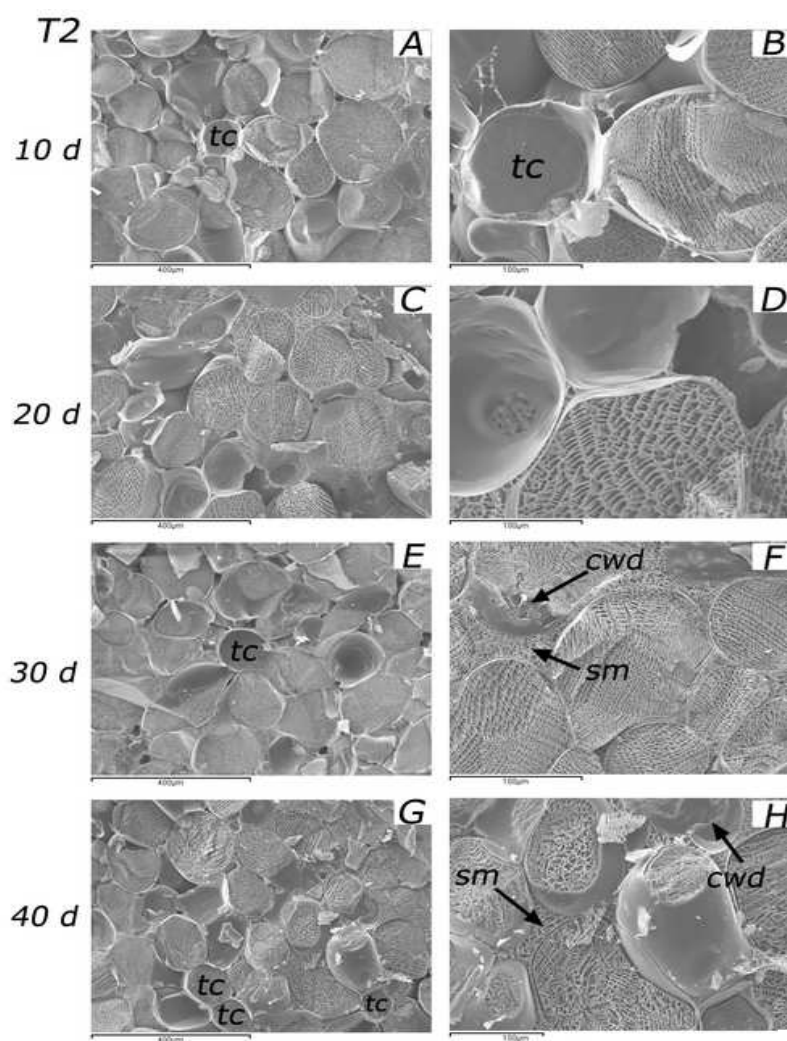
En la Fotografía IV.2.3.3 se presentan las micrografías correspondientes a pulpa de caqui tras el periodo de comercialización de muestras conservadas a 15°C durante 20 y 30 días respectivamente y posteriormente tratadas con CO₂. Esta técnica permite observar más claramente las paredes celulares libres de otros materiales de la célula debido a la eliminación del agua durante la preparación de la muestra. Se puede observar claramente la presencia de células tánicas con material insolubilizado en su interior tras el tratamiento de CO₂ (Foto. IV.2.3.3A). En el detalle de la Fotografía IV.2.3.3B (20 días) ya se observa la pérdida de adherencia entre células que se relaciona con la degradación del material que constituye las paredes celulares. Cuando el tratamiento fue aplicado tras 30 días de conservación, la observación por SEM (Foto. IV.2.3.3C y 3D) del tejido celular muestra un tejido más degradado e impregnado por material insoluble que ocupa grandes áreas y que no se observa localizado en el interior de las células tánicas. A la vista de los resultados obtenidos por Cryo-SEM, estos precipitados deben estar producidos por el efecto del glutaraldehído que se usa en la fijación de estas muestras observadas por SEM y no al efecto de insolubilización de los taninos ejercido por el CO₂.

La Fotografía IV.2.3.4 muestra las micrografías observadas por SEM tras la comercialización de muestras T1, en las que el tratamiento con CO₂ es aplicado previamente a la conservación por periodos de 20 y 30 días respectivamente (Foto. IV.2.3.4A y 4C). Al comparar estas muestras con las muestras T2 (Foto. IV.2.3.3) se observa en ambos periodos de conservación que el T1 resulta en un tejido con mayor cantidad de células tánicas con material insoluble en su interior. El tratamiento con CO₂ antes del almacenamiento podría suponer una mejor difusión del CO₂ por el interior de los intersticios celulares que estarían ocupados fundamentalmente por aire antes del almacenamiento a 15°C.

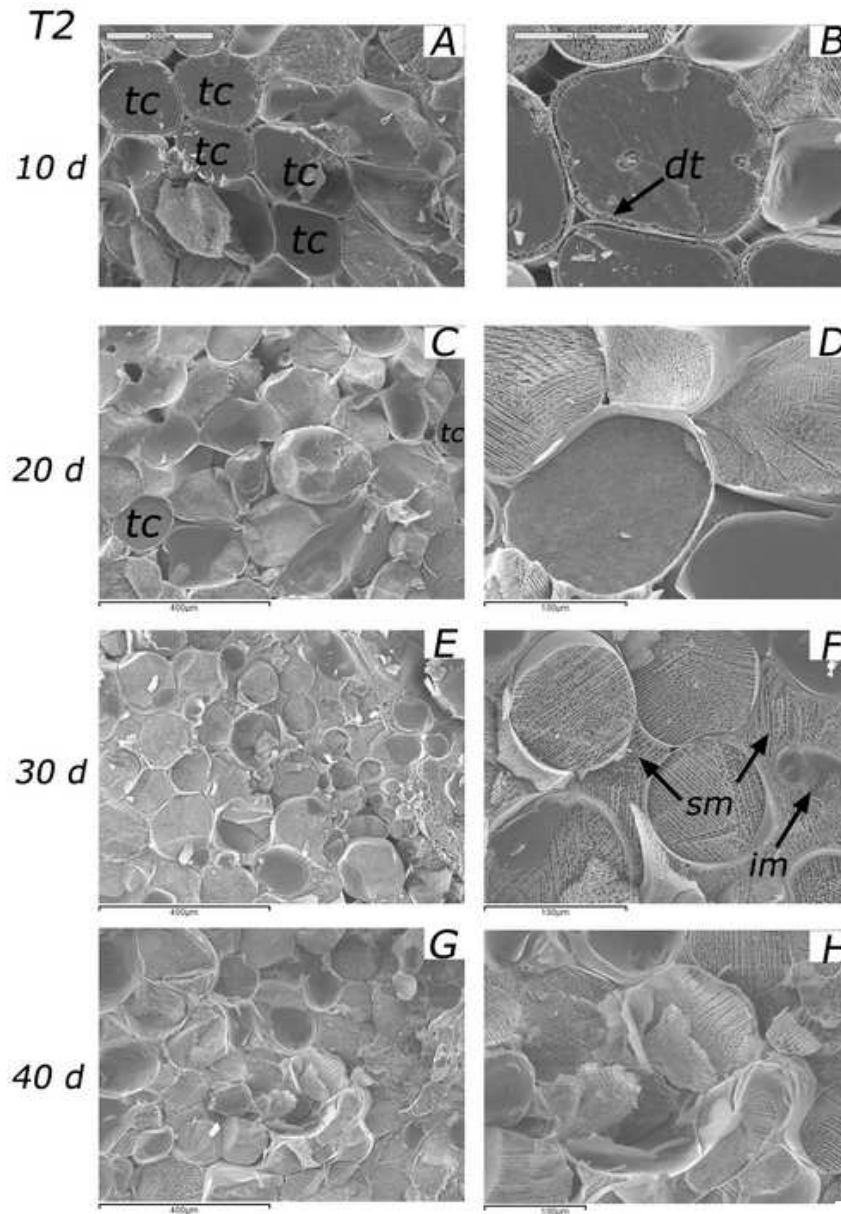
Cuando la muestra fue almacenada durante 30 días, tras la aplicación del tratamiento con CO₂ se observan numerosos clusters de células tánicas con material insoluble equivalente a la estructura observada tras 20 días de almacenamiento (Foto. IV.2.3.4A y 4B). Esto sería concordante con los resultados obtenidos del análisis de taninos solubles realizados en este estudio, donde tras el periodo de comercialización se observa un nivel constante de taninos solubles en el caso del T1 mientras que en el

IV. Resultados y Discusión

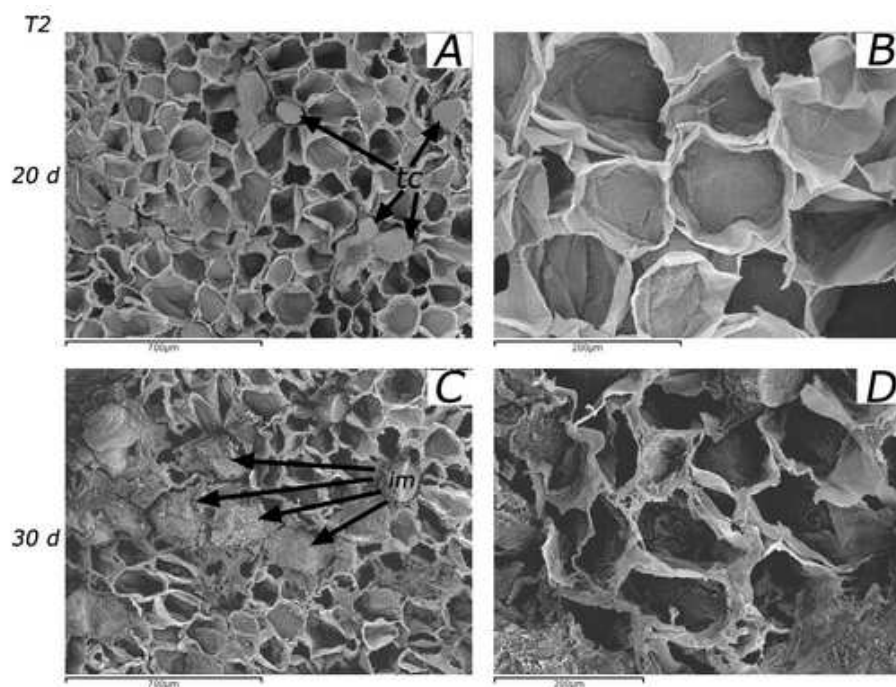
T2 el descenso de taninos solubles debido al tratamiento de desastringencia es paulatinamente menor a partir de los 20 días (Fig. IV.2.3.2D).



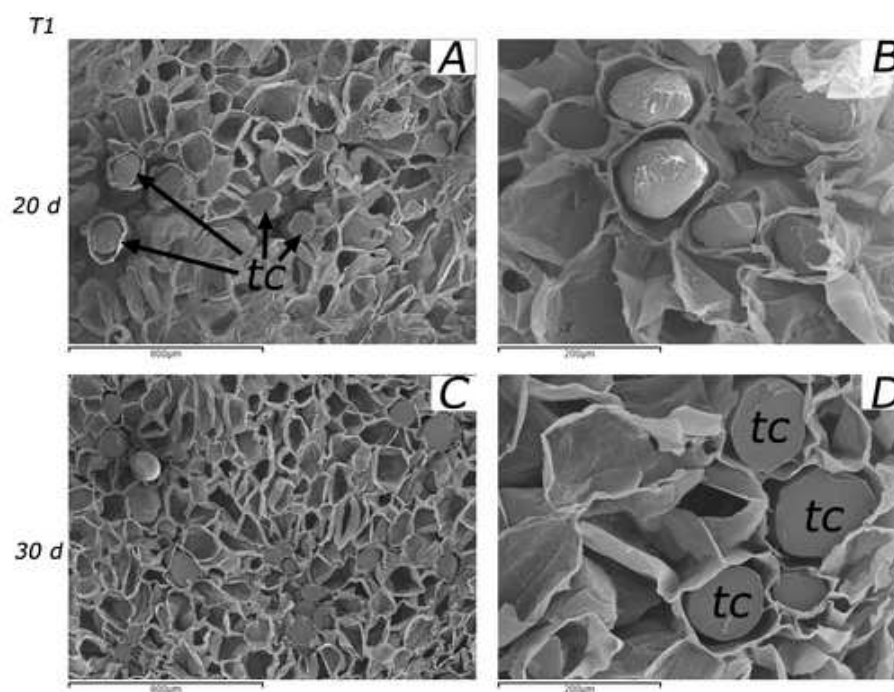
Fotografía IV.2.3.1. Estructura por Cryo-SEM de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' almacenado a 15°C durante 10 (A,B), 20 (C,D), 30 (E,F) y 40 (G,H) días sin tratamiento previo de desastringencia (T2). tc: célula tánica; sm: material soluble; cwd: pared celular degradada



Fotografía IV.2.3.2. Estructura por Cryo-SEM de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' almacenado a 15°C durante 10 (A, B), 20 (C, D), 30 (E, F) y 40 (G, H) días tras la posteriormente aplicación del tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) más un periodo de comercialización de 5 días a 20°C (T2). tc: célula tánica; sm: material soluble; im: meterial insoluble; dt: tonoplasto degradado.



Fotografía IV.2.3.3. Estructura por SEM de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' almacenado a 15°C durante 20 (A, B) y 30 (C, D) días tras la posteriormente aplicación del tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) más un periodo de comercialización de 5 días a 20°C (T2).
tc: célula tánica; im: material insoluble



Fotografía IV.2.3.4. Estructura por SEM de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' sometido al tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) y posteriormente almacenado a 15°C durante 20 (A, B) y 30 (C, D) días más un periodo de comercialización de 5 días a 20°C (T1). tc: célula tánica

IV.3. OBJETIVO 3. ESTUDIO DE TRATAMIENTOS PRECOSECHA Y POSTCOSECHA PARA CONTROLAR LOS SÍNTOMAS DE DAÑO POR FRÍO Y PROLONGAR LA CONSERVACIÓN DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'.

IV.3.1. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ATMÓSFERAS CONTROLADAS EN LA CONSERVACIÓN DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE' A 15°C

IV.3.2. ESTUDIO MICROESTRUCTURAL DEL EFECTO DEL 1-METILCICLOPROPENO DURANTE LA CONSERVACIÓN A 1°C DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'.

IV.3.3. ESTUDIO DEL USO COMBINADO DE TRATAMIENTOS PRECOSECHA Y POSTCOSECHA PARA MEJORAR LA CONSERVACIÓN DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'

IV.3.4. EFECTO DE TRATAMIENTOS DE AGUA CALIENTE EN LA CONSERVACIÓN FRIGORÍFICA DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'.

IV.3.5. EFECTO DE TRATAMIENTOS DE CURADO EN LA CONSERVACIÓN FRIGORÍFICA DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'.

IV.3.1. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ATMÓSFERAS CONTROLADAS EN LA CONSERVACIÓN DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE' A 15°C

En la tabla se muestra, de acuerdo con el apartado III.1.3.1 presentado en el capítulo III. 'Material y Métodos', la composición de las distintas atmósferas controladas ensayadas para el estudio de su efecto durante la conservación a 15°C de caqui 'Rojo

Tratamiento	Atmósfera Controlada a 15°C	Tratamiento Desastringencia	Comercialización
CONTROL	Atmósfera convencional (Aire)	95% CO ₂ (20°C, 24h)	5 días a 20°C
AT-1-TD	10% CO ₂ + 90% N ₂	95% CO ₂ (20°C, 24h)	5 días a 20°C
AT-2-TD	95-97% N ₂ + aire	95% CO ₂ (20°C, 24h)	5 días a 20°C
AT-1	10% CO ₂ + 90% N ₂	Sin tratamiento	5 días a 20°C
AT-2	95-97% N ₂ + aire	Sin tratamiento	5 días a 20°C

Brillante', así como las condiciones de desastringencia y posterior comercialización.

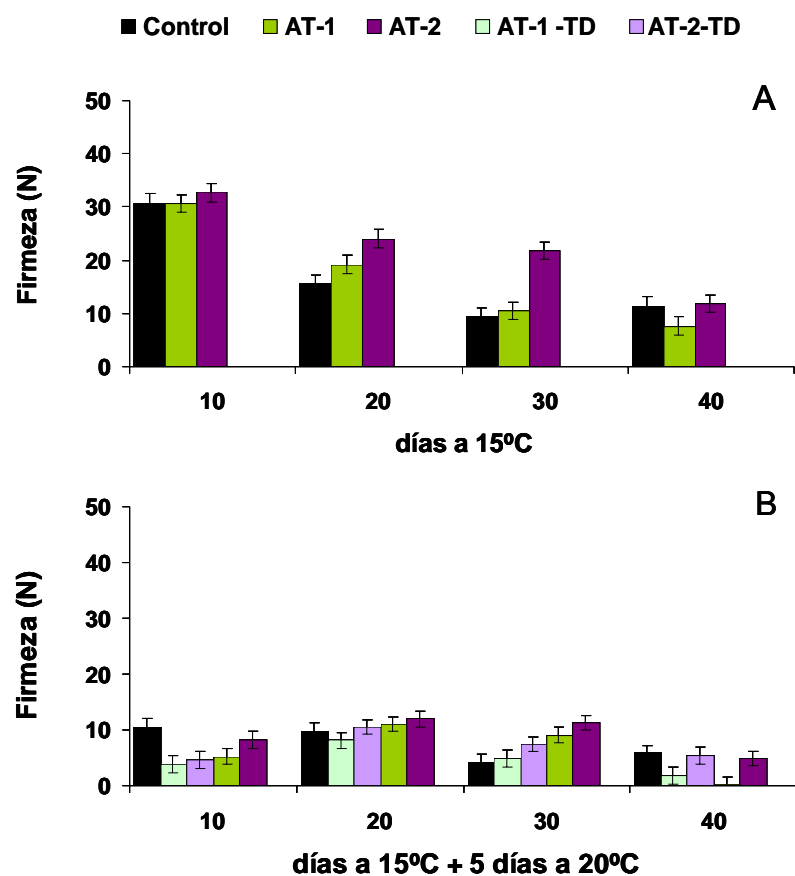
IV.3.1.1. Firmeza

En el momento de la recolección la fruta presentó un valor de firmeza de 41.8N. Durante el período de conservación a 15°C toda la fruta sufrió un ablandamiento gradual. No se observaron diferencias entre la fruta control y la fruta conservada en la AT-1, sin embargo la fruta conservada en la AT-2 sufrió durante 30 días una pérdida de firmeza más lenta que la fruta control. Así, tras 30 días de conservación la fruta AT-2 presentó valores firmeza en torno a 20N, mientras que fruta control y AT-1 se encontraban en este momento en el límite de comercialización (10N). Tras 40 días de conservación a 15°C, la firmeza de AT-2 cayó a valores de 10N, no observándose diferencias entre los tratamientos (Fig. IV.3.1.1A)

Cuando la fruta fue transferida a 20°C durante 5 días, se observó para los diferentes periodos de conservación a 15°C, un descenso acusado de la firmeza, independientemente de que la fruta hubiese recibido (AT-TD) o no (AT) el tratamiento de desastringencia con CO₂. Tras 20 días de conservación más 5 días a 20°C no se observaron diferencias entre tratamientos, presentando todos ellos valores muy cercanos a los 10N. Cuando la comercialización fue simulada tras 30 días de conservación a 15°C, la pérdida de firmeza fue más acusada que a los 20 días para todos los tratamientos excepto para la fruta conservada bajo la Atmósfera-2 y transferida directamente a comercialización (AT-2), que fue la única que mantuvo valores ligeramente superiores al límite comercial. El resto de tratamientos presentaron firmezas no comerciales, inferiores a 5N. Tras 40 días a 15°C más 5 días a 20°C toda la fruta presentó valores no comerciales (Fig. IV.3.1.1B).

En el cultivar 'Fuyu' fueron reportadas firmezas superiores en frutos almacenados en atmósferas bajas en O₂ y enriquecidas en CO₂ a 0°C (Park y Kader, 1997) o a -0.5°C (Brackmann et al., 1999) respecto a la firmeza de frutos conservados en atmósfera convencional. Kader (2003) afirma que una atmósfera donde el O₂ es bajo y/o la concentración de CO₂ es alta, ralentizaría la actividad de las enzimas degradativas de la pared celular, y por tanto el ablandamiento.

La diferente concentración de O₂ ensayada en ambas atmósfera podría explicar que el efecto positivo de mantenimiento de la firmeza tenga lugar en la AT-2, pero no en la AT-1.



Firmeza en recolección: 41.8 N.

Figura IV.3.1.1. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO₂+ 90 %N₂) y AT-2 (95-97% N₂ + aire), sobre la Firmeza (N) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C (A) y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C (B). Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P=0.05$)

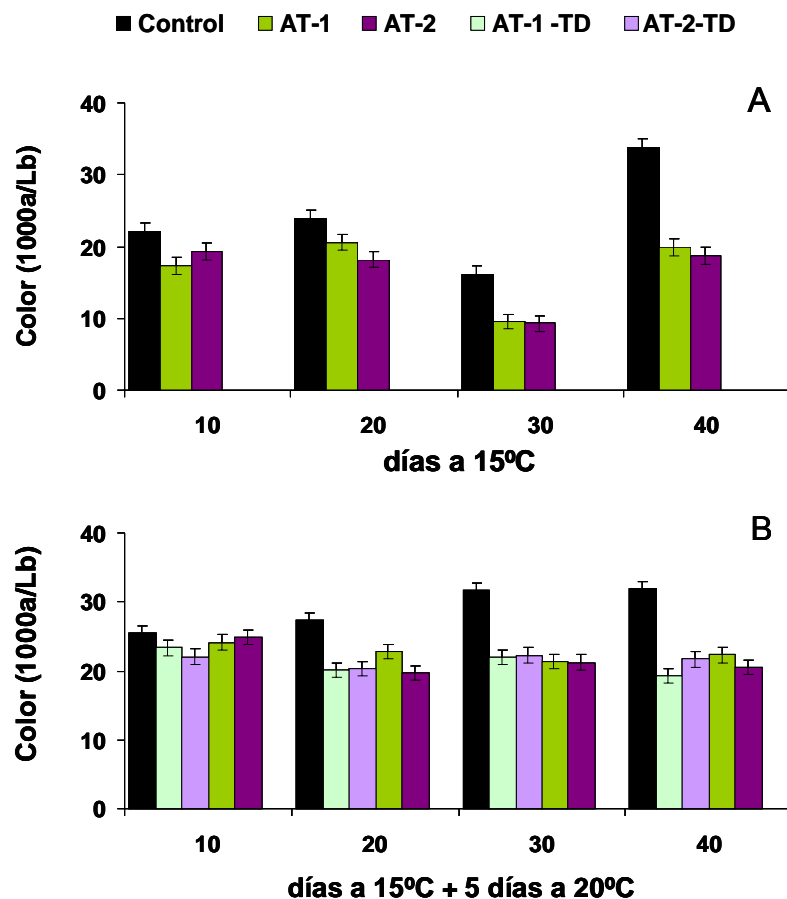
IV.3.1.2. Color

Durante el periodo de conservación a 15°C la fruta control experimentó un incremento en el índice de color (IC), presentando tras 40 días de conservación valores de 35, frente a un IC de 12.1 en recolección. La conservación de la fruta en la AT-1 y AT-2 retrasó la evolución de color, no observándose diferencias entre ambos tratamientos, ni una evolución importante de la coloración a lo largo del almacenamiento. Tras 40 días fruta AT-1 y AT-2 presentaban un IC en torno a 20 (Fig. IV.3.1.2A).

Cuando la fruta fue transferida a 20°C y fue simulado el periodo de comercialización tras los diferentes periodos de almacenamiento, se observó un incremento en el IC para todos los tratamientos respecto al presentado en conservación (Fig. IV.3.1.2B). Al igual que lo observado durante la conservación a 15°C, el control mostró un incremento paulatino con el tiempo de almacenamiento, mientras que la fruta conservada en ambas atmósferas presentó valores menores y constantes tras los diferentes periodos de comercialización. No se observaron diferencias de color entre fruta procedente de ambas atmósferas ni un efecto de la aplicación del tratamiento desastringencia.

Para la comercialización del caqui 'Rojo Brillante' como 'Kaki Persimon', la fruta es recolectada en el momento en que posé una coloración amarillo-anaranjado. En la presente experiencia, ambas atmósferas provocaron un retraso en la evolución del color, que se hizo más patente con el tiempo de almacenamiento y que se mantuvo cuando los frutos fueron transferidos a temperaturas de comercialización. Este retraso en la evolución del color no afectó negativamente desde el punto de vista comercial, ya que la fruta ya mostraba en recolección un valor de IC comercial.

En estudios realizados con atmósferas insecticidas (bajas en O₂ y/o altas en CO₂) en caqui 'Fuyu' también fue observado un retraso en el cambio de color (Mitcham et al., 1997); Kader (2003) reportó que la conservación bajo condiciones de atmósfera controlada retarda la pérdida de clorofila (color verde), biosíntesis de carotenoides (colores rojo y amarillo) y antocianinos (colores rojo y azul), y la biosíntesis y oxidación de compuestos fenólicos (color marrón), afectando así a la evolución del color del fruto.



Índice de Color en recolección: 12.13

Figura IV.3.1.2. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO₂ + 90% N₂) y AT-2 (95-97% N₂ + aire), sobre el Índice de Color (1000a/Lb) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C (A) y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C (B). Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P=0.05$)

IV.3.1.3. Producción de CO₂ y Etileno

La producción de CO₂ en el momento de la recolección fue de 6.02 mL kg⁻¹ h⁻¹. Tras 10 días de conservación a 15°C todos los tratamientos presentaron una producción de CO₂ mayor que en recolección (Fig. IV.3.1.3A).

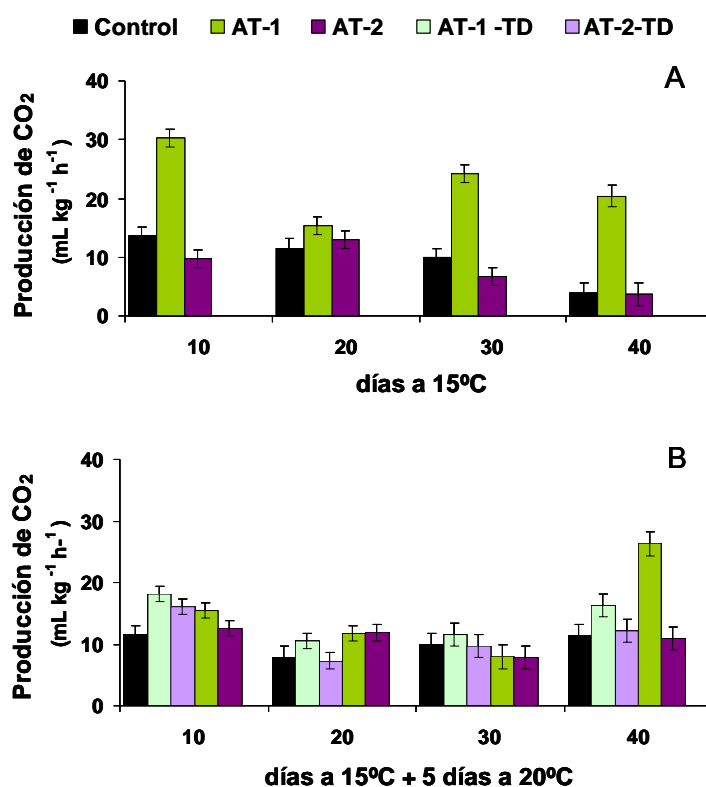
La fruta control presentó su máximo de producción tras 10 días de conservación, mientras que la fruta AT-2 lo hizo tras 20 días, ambas con un valor cercano a los 15 mL kg⁻¹ h⁻¹; tras alcanzar este máximo se observó un descenso gradual con el transcurso de la conservación, presentando tras 40 días valores inferiores a 5 mL kg⁻¹ h⁻¹.

La fruta conservada en la AT-1 presentó un acusado incremento de la producción de CO₂ tras 10 días de conservación, alcanzando valores de 30 mL kg⁻¹ h⁻¹, para posteriormente sufrir una reducción gradual, presentando tras 40 días valores en torno a 20 mL kg⁻¹ h⁻¹.

Tras someter la fruta a condiciones de comercialización los valores de la AT-1 disminuyeron notablemente, reduciendo así las diferencias con la AT-2 y el control, que presentaron valores cercanos a 10 mL kg⁻¹ h⁻¹ durante toda la conservación (Fig. IV.3.1.3B). Durante 30 días no se observaron diferencias entre los frutos conservados en la AT-1 y AT-2 que fueron transferidos a comercialización sin una aplicación previa del tratamiento de desastringencia, presentando ambos valores similares al resto de tratamientos. Tras 40 días los frutos procedentes de la AT-1 sufrieron un aumento importante en su producción de CO₂ alcanzando valores por encima de 20 mL kg⁻¹ h⁻¹.

Durante el periodo de conservación, así como durante los subsiguientes periodos de comercialización, la producción de etileno de toda la fruta se mantuvo en valores muy bajos, inferiores a 0.25 µL kg⁻¹ h⁻¹ (Tabla IV.3.1.1). Únicamente fruta conservada en la AT-1 y transferida directamente a comercialización presentó tras 40 días de conservación más 5 días a 20°C un incremento de la producción de etileno, con valores en torno a los 0.5 µL kg⁻¹ h⁻¹, coincidiendo con el aumento en la producción de CO₂ mencionado anteriormente.

Se ha observado que fruta conservada por periodos prolongados mediante el uso de atmósferas controladas presentaba una menor respiración y producción de etileno que fruta conservada en atmósfera convencional (Kader, 2003). Sin embargo este hecho no ha sido observado en el presente trabajo, ya que ninguna de las dos atmósferas ensayadas provocó una reducción de la respiración ni de la producción de etileno de los frutos.



Producción de CO₂ en recolección: 6.02 mL kg⁻¹ h⁻¹

Figura IV.3.1.3. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO₂+ 90 %N₂) y AT-2 (95-97% N₂ + aire), sobre la Producción de CO₂ (mL kg⁻¹ h⁻¹) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 1°C y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C. Las barras verticales representan los intervalos LSD (P=0.05)

Tabla IV.3.1.1. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO₂+ 90 %N₂) y AT-2 (95-97% N₂+ aire), sobre la Producción de Etileno ($\mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C. Valores seguidos de la misma letra en cada período de conservación, no difieren significativamente al 5% (test LSD).

PRODUCCIÓN DE ETILENO ($\mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$)				
días a 15°C				
	10	20	30	40
CONTROL	0.02 a	0.13 a	0.00 a	0.02 a
AT-1	0.13 a	0.17 a	0.00 a	0.11 a
AT-2	0.06 a	0.14 a	0.01 a	0.00 a
días a 15°C + 5 días a 20°C				
	10	20	30	40
CONTROL	0.04 a	0.02 a	0.00 a	0.00 a
AT-1-TD	0.13 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
AT-2-TD	0.18 a	0.12 a	0.00 a	0.00 a
AT-1	0.10 a	0.04 a	0.15 a	0.51 b
AT-2	0.06 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a

Producción de etileno en recolección: 0 $\mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$

Para la evaluación de la astringencia de la fruta se determinó el contenido de taninos solubles (TS), el índice de taninos (IT) y la producción de acetaldehído (AcH) y etanol (EtOH), siendo completados estos análisis con la evaluación organoléptica de los frutos.

IV.3.1.4. Taninos Solubles

Durante todo el periodo de conservación a 15°C la fruta control presentó un contenido de taninos solubles (TS) entre 0.3 y 0.5% (Fig. IV.3.1.4). A partir de los 20 días de almacenamiento la fruta AT-1 presentó valores algo menores que el control aunque sin diferencias significativas. Sin embargo el nivel de TS de la fruta AT-2 sufrió un importante descenso gradual con el tiempo de almacenamiento a 15°C, presentando tras 30 días de almacenamiento valores muy bajos, cercanos a 0.03% (valores de no astringencia) (Fig. IV.3.1.4A).

Cuando el tratamiento con CO₂ fue aplicado a la fruta control, el contenido de TS descendió en todos los casos, sin embargo, este descenso fue menor a medida que avanzó la conservación a 15°C. Así, tras aplicar el tratamiento a los 10 días de conservación el contenido de TS fue inferior a 0.02%, sin embargo aplicado tras 40 días, la fruta presentó valores de 0.2%. Esta menor reducción del contenido de TS con el tiempo de almacenamiento indica una pérdida de eficacia del tratamiento de desastringencia. Este resultado concuerda con lo previamente observado en el apartado IV.2.3 del presente capítulo, en el que se reporta una pérdida de eficacia del tratamiento de desastringencia aplicado a fruta previamente conservada a 15°C. Este efecto no se observó en fruta conservada en las dos atmósferas controladas ensayadas (Fig. IV.3.1.4B).

La fruta procedente de AT-1 mostró tras el tratamiento de desastringencia y posterior comercial (AT-1-TD), una reducción drásticamente del nivel de TS respecto a los presentados tras los correspondientes periodos de almacenamiento a 15°C. Esta reducción indica que el tratamiento con elevadas concentraciones de CO₂ para eliminar la astringencia fue efectivo. Esto fue igualmente observado en fruta proveniente de la AT-2 cuando el tratamiento de CO₂ fue aplicado tras 10 y 20 días de almacenamiento (AT-2-TD). Tras 30 y 40 días, ya que la fruta AT-2 presentaba en conservación niveles muy bajos de TS, propios de fruta no astringente, no se observaron diferencias tras la aplicación del tratamiento (Fig. IV.3.1.4B).

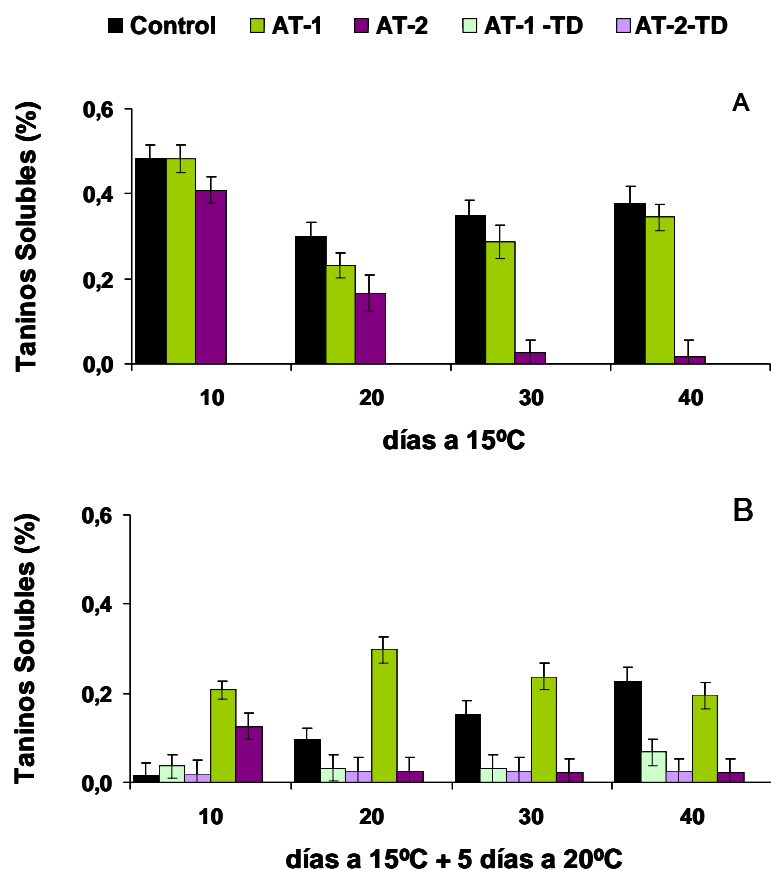
Cuando la fruta conservada en atmósfera controlada fue transferida directamente a 20°C, se observó que, si bien la fruta AT-1 mostró en todo momento valores muy superiores a los de la fruta AT-1-TD, en el caso de la fruta AT-2 a partir de los 20 días de conservación no se observaron diferencias entre la fruta sometida a un tratamiento de desastringencia AT-2-TD y la fruta AT-2, directamente transferida a 20°C.

IV.3.1.5. Índice de Taninos

Los valores de Índice de Taninos (IT) obtenidos corroboraron los resultados de TS anteriormente presentados. Así, mientras durante el periodo de conservación la fruta control mantuvo valores constantes de 3, fruta mantenida bajo la AT-2 presentó valores inferiores a 2 a partir de los 20 días. Fruta conservada en la AT-1 mostró valores superiores a AT-2 e inferiores al control (Tabla IV.3.1.2).

Tras el periodo de comercialización fruta procedente de ambas atmósferas de conservación sometida al tratamiento de desastringencia AT-1-TD y AT-2-TD presentó valores de IT de 1-1.3, no astringencia. Fruta AT-1, no sometida a desastringencia, presentó un IT superior a fruta AT-1-TD; fruta AT-2, a partir de los 20 días de conservación más 5 días a 20°C no presentó diferencias respecto a AT-2-TD (Foto. IV.3.1.1).

En la fruta control, un descenso del IT tras la aplicación del tratamiento de desastringencia progresivamente menor a medida que avanzó la conservación a 15°C, ratifica la pérdida de eficacia del tratamiento de desastringencia con el tiempo de almacenamiento.



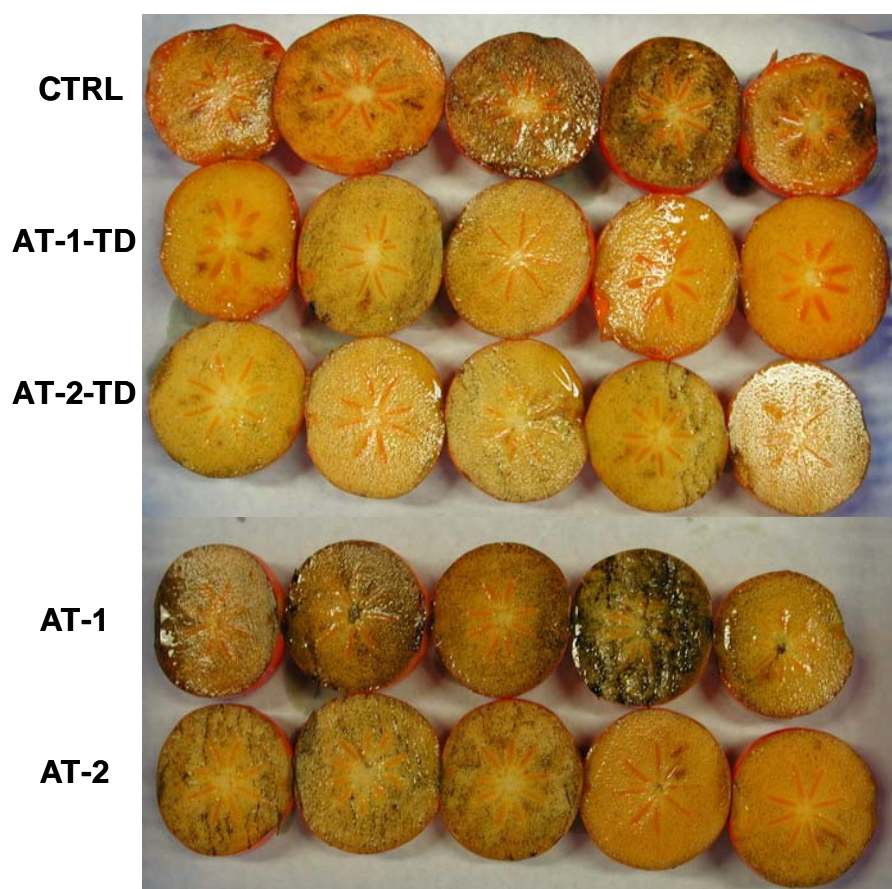
Contenido de Taninos Solubles en recolección: 0.5 %

Figura IV.3.1.4. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO₂+ 90 %N₂) y AT-2 (95-97% N₂+ aire), sobre el contenido de Taninos Solubles (% peso fresco) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C (A) y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C (B). Las barras verticales representan los intervalos LSD (P=0.05).

Tabla IV.3.1.2. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO₂+ 90 %N₂) y AT-2 (95-97% N₂+aire), sobre el Índice de Taninos (1 a 5) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C. Valores seguidos de la misma letra en cada período de conservación, no difieren significativamente al 5% (test LSD).

ÍNDICE DE TANINOS				
(1 –no astringente a 5-máxima astringencia)				
días a 15°C				
	10	20	30	40
CONTROL	2.4b	3.0b	3.0c	3.0c
AT-1	2.0a	2.8b	2.0b	1.7b
AT-2	2.0a	1.0a	1.5a	1.3a
días a 15°C + 5 días a 20°C				
	10	20	30	40
CONTROL	1.0a	2.0b	1.8b	2.0b
AT-1-TD	1.0a	1.3a	1.1a	1.2a
AT-2-TD	1.0a	1.2a	1.0a	1.0a
AT-1	2.5c	2.2b	1.8b	1.4a
AT-2	1.5b	1.0a	1.3ab	1.0a

Índice de Taninos en recolección: 4



Fotografía IV.3.1.1. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO₂+ 90 %N₂) y AT-2 (95-97% N₂+ aire), sobre el Índice de Taninos (1 a 5) de caqui 'Rojo Brillante' tras 30 días de conservación a 15°C y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C. *Mayor tonalidad negra implica mayor índice de taninos solubles y por lo tanto mayor grado de astringencia.*

IV.3.1.6. Producción de Acetaldehído y Etanol

Durante el periodo de conservación a 15°C no se observaron diferencias en la producción de acetaldehído (AcH) entre la fruta control y la fruta conservada en la AT-1, mostrando durante todo el periodo de almacenamiento valores muy próximos al de recolección, 0.19 mg/100mL (Fig. IV.3.1.5A). Sin embargo, la fruta conservada en AT-2 presentó tras 20 días de conservación un acusado incremento en la producción de AcH, alcanzando valores muy elevados, de 2.5 a 3 mg/100mL; esta elevada producción se mantuvo hasta el final de la conservación.

Tras 10, 20 y 30 días de almacenamiento a 15°C más la aplicación del tratamiento de desastringencia y la simulación del periodo de comercialización, en el tratamiento control y AT-1-TD se observó un aumento en la concentración de acetaldehído, presentando valores de 2 mg/100mL (Fig. IV.3.1.5B). Sin embargo, hay que mencionar que la fruta control, presentó tras 40 días de conservación más 5 días a 20°C una producción significativamente menor, no alcanzando 0.5 mg/100mL; este descenso de producción no fue observado en la AT-1-TD.

Cuando la fruta conservada en AT-2, fue sometida al tratamiento de desastringencia y posterior comercialización (AT-2-TD), el nivel de acetaldehído mostró un ligero incremento con respecto a los valores que presentó durante el almacenamiento a 15°C, siendo este más evidente a los 10 días de almacenamiento.

Cuando la fruta fue transferida a 20°C sin aplicación previa del tratamiento de desastringencia, se observaron claras diferencias entre tratamientos. Fruta AT-1 presentó durante 30 días una producción muy baja, menor de 0.5 mg/100mL, observándose un incremento tras 40 días (1.5 mg/100mL). Fruta conservada en la AT-2 presentó valores algo más elevados que los mostrados en conservación, sin observarse diferencias entre frutos que habían recibido el tratamiento de desastringencia (AT-2-TD) y aquellos que no lo habían recibido (AT-2).

Con respecto a los valores de etanol, la fruta control y la conservada en AT-1 presentaron valores muy bajos, similares a los de recolección durante todo el almacenamiento a 15°C (Fig. IV.3.1.6A). Al igual que lo observado en los niveles de acetaldehído, los niveles de etanol en la fruta mantenida en AT-2 mostraron un importante incremento a lo largo de la conservación, alcanzando valores de 120mg/100mL tras 40 días de almacenamiento.

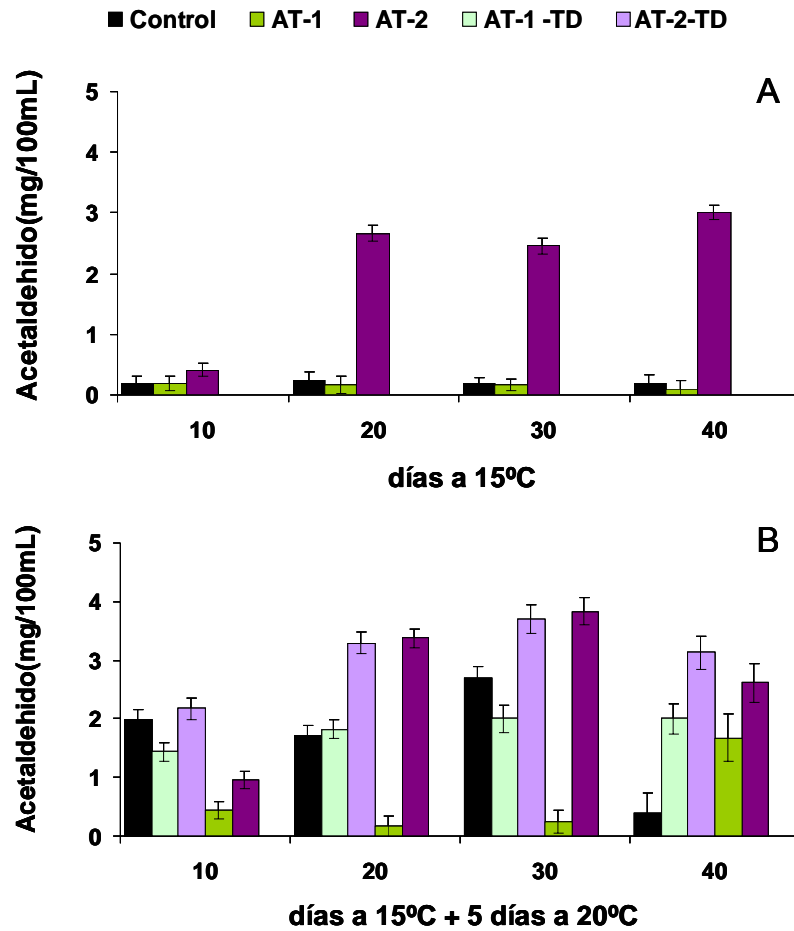
Cuando la fruta control y la fruta conservada en la AT-1 fueron transferidas a condiciones de comercialización tras el tratamiento de desastringencia (AT-1-TD) se

observó un ligero incremento en los valores de etanol, siendo el valor máximo de 20 mg/100mL tras 40 días de almacenamiento (Fig. IV.3.1.6B). Valores mayores fueron presentados por fruta de AT-2-TD, con valores ligeramente inferiores a los presentados en los mismos periodos durante la conservación a 15°C. No hubo diferencias significativas entre los valores mostrados por la fruta sometida al tratamiento de desastringencia (AT-TD) y la directamente transferida a 20°C (AT) en las dos atmósferas ensayadas.

IV.3.1.7. Evaluación Sensorial

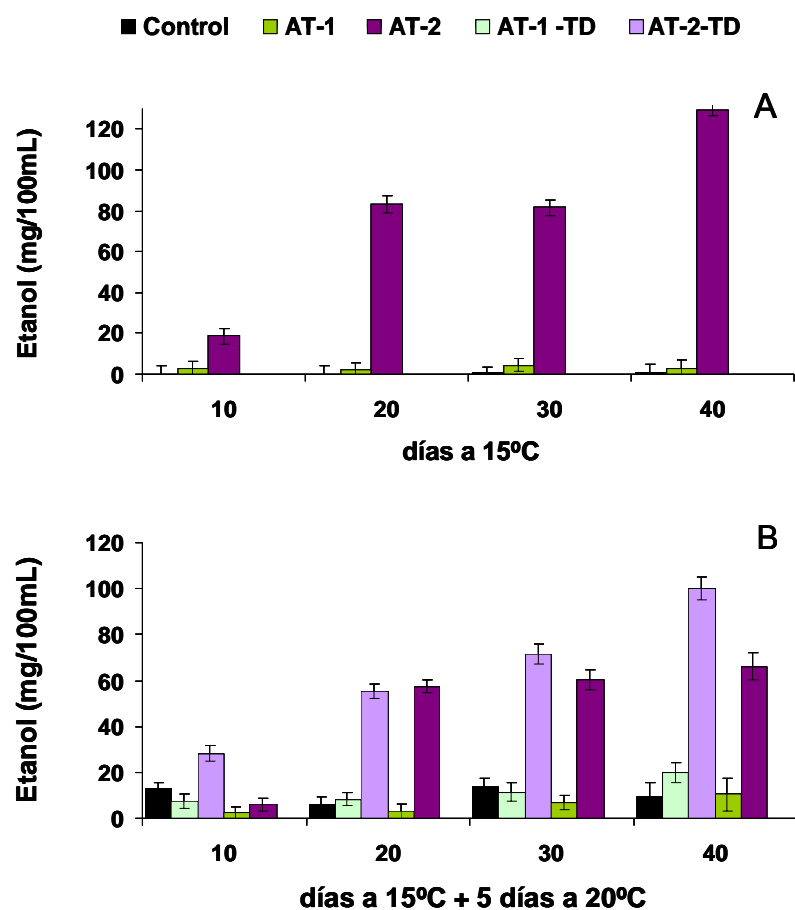
Los valores sensoriales de astringencia (Tabla IV.3.1.3) reflejan perfectamente los cambios observados en los Taninos Solubles y en el Índice de Taninos mostrados anteriormente. Así, mientras el control fue evaluado con un 4 durante todo el almacenamiento a 15°C, los valores de AT-1 sufrieron un ligero descenso a partir de 30 días; en la fruta AT-2 este descenso se observó desde los 10 primeros días de almacenamiento y alcanzó a partir de 30 días valores de 1, que indica una pérdida total de astringencia.

Cuando la fruta fue transferida a condiciones de comercialización tras el tratamiento de desastringencia se observó que la evaluación de los catadores tendió a valores de 1 (no astringente). Sin embargo, la fruta control fue evaluada progresivamente con valores más elevados tras el tratamiento de desastringencia a medida que avanzó la conservación a 15°C; esto se relaciona con el menor descenso del contenido de TS que indica una pérdida de eficacia del proceso desastringencia con el tiempo de almacenamiento a 15°C.



Contenido de Acetaldehído en recolección: 0.19 mg/100mL

Figura IV.3.1.5. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO₂+ 90% N₂) y AT-2 (95-97% N₂+ aire), sobre el Contenido de Acetaldehído (mg/100mL) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C (A) y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C. (B). Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P=0.05$).



Contenido de Etanol en recolección: 0.67 mg/100mL.

Figura IV.3.1. 6. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO₂+ 90 %N₂) y AT-2 (95-97% N₂+ aire), sobre el Contenido de Etanol (mg/100mL) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C (A) y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C. (B). Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P=0.05$).

Tabla IV.3.1.3. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO₂+ 90 % N₂) y AT-2 (95-97% N₂ + aire), sobre la Evaluación Sensorial de la Astringencia (1-no astringente a 4-muy astringente) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C. *Valores seguidos de la misma letra en cada período de conservación, no difieren significativamente al 5% (test LSD).*

EVALUACIÓN SENSORIAL DE ASTRINGENCIA (1- no astringente a 4- muy astringente)				
	días a 15°C			
	10	20	30	40
CTL	4.0	4.0	4.0	4.0
AT-1	4.0	4.0	2.7	3.0
AT-2	3.5	2.0	1.0	1.0
	días a 15°C + 5 días a 20°C			
	10	20	30	40
CTL	1.5	1.8	2	2.7
AT-1-TD	1.0	1.6	1.3	1.0
AT-2-TD	1.2	1.0	1.0	1.0
AT-1	3.0	2.8	2.2	1.4
AT-2	1.2	1.0	1.0	1.0

Evaluación sensorial en recolección: 4

IV. Resultados y Discusión

La evaluación sensorial, el contenido de TS, el IT y la producción de AcH y EtOH son todos ellos parámetros relacionados con la astringencia. La fruta almacenada en atmósfera convencional (control) mantuvo la astringencia inicial durante la conservación a 15°C, y solo la perdió tras el tratamiento de desastringencia con alta concentración de CO₂ más el periodo comercial.

Sin embargo un aspecto importante a tener en cuenta es que en la fruta control tuvo lugar una pérdida de eficacia del tratamiento de desastringencia a medida que la conservación a 15°C avanzó; esta pérdida de eficacia quedó reflejada por un menor descenso del contenido de TS e IT, con valores de 0.03% y 1 respectivamente cuando el tratamiento fue aplicado tras 10 días y valores de TS superiores al 2% e IT de 2 cuando el tratamiento de desastringencia fue aplicado tras 40 días de conservación; estos valores fueron relacionados con un menor incremento en la producción de AcH tras el tratamiento de desastringencia. La detección de astringencia en las correspondientes evaluaciones sensoriales corroboró la pérdida de eficacia del tratamiento.

La fruta almacenada en la Atmósfera 2 fue perdiendo astringencia durante el almacenamiento a 15°C y tras 30 días se mostró por completo sin astringencia, sin necesidad de ser sometida al tratamiento con CO₂. Esta pérdida de astringencia quedó reflejada por la reducción del contenido de TS y el IT, siendo corroborada por el análisis sensorial de los frutos. La pérdida de astringencia fue relacionada con el alto contenido de acetaldehído producido por la fruta conservada en AT-2 durante el almacenamiento a 15°C; así tras 30 días de almacenamiento presentó valores altos de acetaldehído, del orden de los alcanzados por el resto de la fruta tras el tratamiento de desastringencia. Un incremento en la producción de AcH fue también observado en el cv. 'Fuyu' almacenado bajo atmósferas controladas por Mitchman et al. (1997)

En fruta conservada en la Atmósfera 1, aunque se observó un descenso del contenido de TS e IT con respecto al control durante la conservación a 15°C, este fue muy ligero y en ningún caso suficiente como para obtener valores sensoriales de no astringencia, por lo que para alcanzar valores válidos para el consumo fue necesario aplicar a la fruta el tratamiento de desastringencia con altas concentraciones de CO₂.

Una acumulación de compuestos volátiles generados durante el almacenamiento de la fruta bajo atmósferas controladas ha sido relacionada tanto con la presencia de malos sabores como con alteraciones de la pulpa. En la variedad astringente 'Triumph', Guelfat-Reich et al. (1975) encontraron que concentraciones de CO₂ entre 9% y 15% tras 3 meses eliminaban la astringencia pero provocaban problemas de daños en la pulpa. Concentraciones más bajas 3-6% no provocaban

daños pero solo eliminaban parcialmente la astringencia y era necesario un tratamiento adicional.

Por otra parte, la acumulación de EtOH ha sido asociada en la variedad 'Fuyu' con la presencia de malos sabores. Ben-Arie et al. (1991), relacionó la aparición de malos sabores con la acumulación de etanol por encima de 75 mg/100mL durante la conservación bajo atmósferas modificadas de N₂. Mitcham et al. (1997) en estudios realizados con atmósferas insecticidas (bajas en O₂ y/o altas en CO₂) explica que la ausencia de malos sabores a pesar de concentraciones de etanol relativamente altas (900 µl/l) puede ser debida al alto contenido de sólidos solubles totales en la recolección (14%), ya que según el estudio para dicha concentración de sólidos solubles totales sería necesario un contenido de etanol de 1500 µl/l para la ligera detección de malos sabores.

En el presente trabajo en ningún momento durante la evaluación organoléptica de los frutos los catadores detectaron malos sabores, habiendo sido los valores máximos de producción de etanol 120mg/100ml, obtenidos tras 40 días a 15°C de conservación en la Atmósfera 2, siendo el nivel de sólidos solubles totales en recolección de 18.2° Brix.

IV.3.1.8. pH y Sólidos Solubles Totales (SST)

Durante todo el periodo de conservación a 15°C la fruta control mantuvo valores de pH constantes y cercanos al de recolección, 5.9. La fruta sometida a AT-1 y AT-2 presentó valores similares entre sí y ligeramente superiores a la fruta control (Tabla IV.3.1.4).

Al transferir los frutos a condiciones de comercialización, los valores de pH de la fruta control aumentaron ligeramente respecto a los valores obtenidos en el almacenamiento a 15°C siendo, a su vez, similares a los que presentó la fruta sometida a las atmósferas ensayadas.

Por otra parte, en los frutos control tras el periodo de comercialización se observó un ligero descenso gradual del valor de pH entre los 10 y los 40 días de almacenamiento. Este descenso guarda relación con la pérdida de eficacia del tratamiento de desastringencia a medida que avanza la conservación, ya que los taninos solubles poseen carácter ácido, y un menor descenso de dichos taninos tras la aplicación del tratamiento quedaría reflejado en valores de pH más bajos.

IV. Resultados y Discusión

Respecto al contenido de SST, la fruta presentó en recolección un contenido de 18.2°Brix. La fruta control no presentó cambios importantes en el contenido en SST durante los primeros 30 días de almacenamiento a 15°C, tras 40 días se observó un descenso, cayendo a valores por debajo de 17°Brix (Tabla IV.3.1.5). La fruta conservada en la AT-1 presentó un contenido de SST ligeramente inferior al control. Una reducción importante de SST fue observada en fruta procedente de la AT-2, mostrando valores inferiores a los presentados por el control y la AT-1 a lo largo de toda la conservación, especialmente a partir de los 20 días, momento a partir del cual el contenido de SST fue inferior a 16. El menor contenido de SST de la fruta conservada en la AT-2 se relaciona con la pérdida de astringencia y por lo tanto con el descenso de taninos solubles observado durante la conservación, ya que los taninos quedan incluidos en la medición de SST.

Al transferir la fruta de 15°C a condiciones de comercialización tras ser sometida al tratamiento de desastringencia, la fruta control y la fruta AT-1-TD experimentaron tras los diferentes periodos de conservación una disminución en los valores de SST. En la fruta AT-2-TD, este descenso tras el tratamiento de desastringencia solo se observó tras 10 días de almacenamiento, a partir de este momento se mantuvieron valores similares a los presentados tras el almacenamiento a 15°C. Una pérdida de astringencia de la fruta durante la conservación a 15°C bajo la AT-2, reflejada en un menor contenido de SST explica este hecho. Mientras fruta AT-1 presentó tras la comercialización valores SST en todo momento más elevados que aquella fruta que había recibido el tratamiento de desastringencia (AT-1-TD), estas diferencias no fueron observadas entre fruta AT-2 y fruta AT-2-TD.

Tabla IV.3.1.4. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO₂+ 90% N₂) y AT-2 (95-97% N₂+ aire), sobre el pH de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C. Valores seguidos de la misma letra en cada período de conservación, no difieren significativamente al 5% (test LSD).

<i>pH</i>				
	<i>días a 15°C</i>			
	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>30</i>	<i>40</i>
CONTROL	5.83a	5.77a	5.83a	5.70a
AT-1	6.03c	6.03b	6.31b	5.98b
AT-2	5.90a	6.13b	6.20b	6.13c
	<i>días a 15°C + 5 días a 20°C</i>			
	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>30</i>	<i>40</i>
CONTROL	6.02b	6.00a	5.95a	5.87
AT-1-TD	5.98b	5.98a	6.17b	6.00
AT-2-TD	6.14c	6.22b	6.33b	6.11
AT-1	5.89a	5.89a	6.01ab	6.00
AT-2	5.95ab	6.32b	6.35b	5.99

pH en recolección: 5.9

IV. Resultados y Discusión

Tabla IV.3.1.5. Efecto de la aplicación de diferentes atmósferas controladas: AT-1 (10% CO₂+ 90% N₂) y AT-2 (95-97% N₂ + aire), sobre el Contenido de Sólidos Solubles Totales (°Brix) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C y posterior aplicación (AT-1-TD, AT-2-TD) o no aplicación (AT-1, AT-2) del tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C. *Valores seguidos de la misma letra en cada período de conservación, no difieren significativamente al 5% (test LSD)*

SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (° Brix)				
	días a 15°C			
	10	20	30	40
CONTROL	18.03b	18.42c	18.55b	16.76c
AT-1	18.03b	17.52b	16.42a	17.23b
AT-2	17.20a	15.33a	15.82a	15.65a
	días a 15°C + 5 días a 20°C			
	10	20	30	40
CONTROL	16.75b	16.70b	16.15b	15.75
AT-1-TD	16.60b	15.90a	16.18b	15.8
AT-2-TD	16.67b	15.97a	15.40a	15.9
AT-1	17.73c	16.92b	17.20c	16.85
AT-2	15.83a	16.97b	15.40a	15.80

Contenido de Sólidos Solubles Totales (°Brix) en recolección: 18.2.

IV.3.2. ESTUDIO MICROESTRUCTURAL DEL EFECTO DEL 1-METILCICLOPROPENO DURANTE LA CONSERVACIÓN A 1°C DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'.

A continuación se muestra, de acuerdo con el apartado III.1.3.2 presentado en el capítulo III. 'Material y Métodos', el tratamiento de 1-metilciclopropeno (1-MCP) aplicado y las condiciones de conservación y comercialización ensayadas para estudiar el efecto del 1-MCP en el control de los daños por frío de caqui 'Rojo Brillante'.

Tratamiento	1-MCP	Conservación	TD	Comerc.
Control (CTL)	Sin tratamiento	10, 20, 30, 40 días a 1°C	95% CO ₂ (20°C, 24h)	5 días 20°C
1- MCP	500 nL L ⁻¹ (24h ,1°C)			

TD: Tratamiento de desastringencia
Comerc : Periodo de Comercialización

IV.3.2.1. ESTUDIO FISIOLÓGICO Y FÍSICOQUÍMICO

El caqui 'Rojo Brillante' es sensible a sufrir daños por frío cuando es almacenado a temperaturas inferiores a 11°C (Arnal y Del Río, 2004), siendo el principal síntoma de daño por frío una importante pérdida de firmeza cuando el fruto es transferido desde bajas temperaturas en conservación a temperaturas de comercialización.

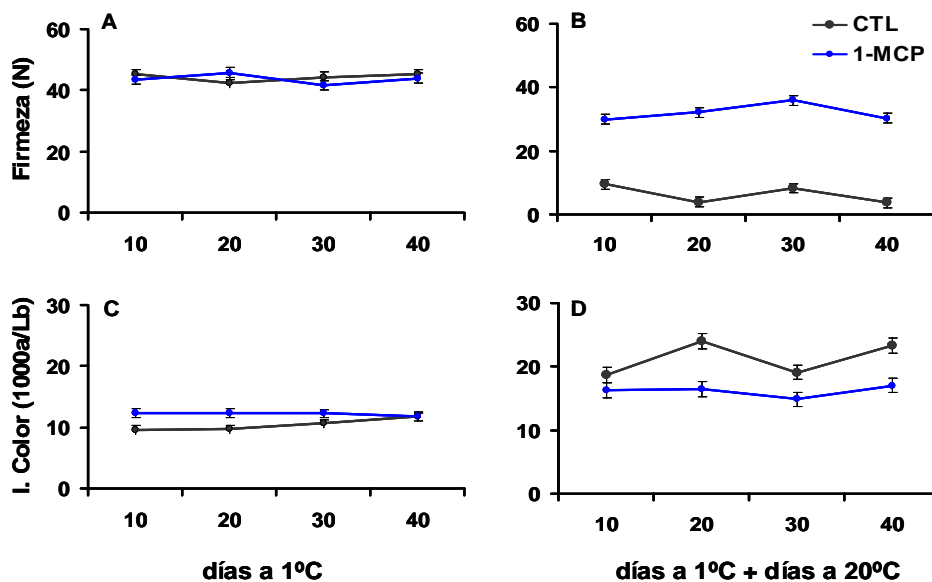
La aplicación de 1-MCP, potente inhibidor de la acción del etileno, previa a la conservación frigorífica redujo los daños por frío en variedades de caqui como cv. Fuyu (Girardi et al., 2003; Brackman et al., 2004; Kim y Lee., 2005 ; Tibola et al., 2005); así mismo en caqui 'Rojo Brillante' el 1-MCP ha mostrado tener un efecto muy positivo en el retraso del ablandamiento provocado por las bajas temperaturas (Salvador et al., 2004a).

En el presente estudio, **durante los 40 días de almacenamiento a 1°C**, tanto la fruta control como la fruta tratada con 1-MCP mantuvo valores muy cercanos a los mostrados en recolección en todos los parámetros estudiados, firmeza y color (Fig. IV.3.2.1A y 1C), taninos solubles (TS), producción de acetaldehído y etanol (Fig. IV.3.2.2A, 2C, 2E) así como sólidos solubles totales (SST) (Tabla IV.3.2.1), no siendo observado un efecto del 1-MCP sobre dichos parámetros.

Tras el tratamiento de desastringencia y posterior simulación del periodo de comercialización, la fruta control sufrió una drástica pérdida de **firmeza** respecto a la presentada en conservación (Fig. IV.3.2.1B), síntoma del daño por frío, que resultó patente incluso tras solo 10 días de conservación más 5 días a 20°C, presentando valores en el límite comercial (10N); a partir de los 20 días de conservación más el periodo de comercialización la fruta control presentó valores de firmeza no comerciales. Sin embargo, la fruta tratada con 1-MCP mantuvo elevadas firmezas tras los diferentes periodos de comercialización, con valores en todo momento superiores a 25N.

Tras el tratamiento de desastringencia, tanto la fruta control como la fruta tratada con 1-MCP sufrió un aumento del **índice de color** respecto al presentado en conservación a 1°C (Fig. IV.3.2.1D). Tras 10 días de almacenamiento más el correspondiente periodo de comercialización no se observaron diferencias de color entre ambos tratamientos, sin embargo a partir de los 20 días de conservación, la fruta tratada con 1-MCP presentó tras la comercialización un retraso en la evolución del color respecto a la fruta control.

Estos resultados están de acuerdo con lo previamente observado por Salvador et al. (2004a, 2006b), quienes reportaron un control del ablandamiento característico de los daños por frío y un retraso en la evolución de la coloración cuando 1-MCP fue aplicado a caqui 'Rojo Brillante' previamente a su conservación a bajas temperaturas. En los cultivares 'Tonewase', 'Saijo (Harima et al., 2003) y 'Fuyu' (Brackmann et al., 2003; Tibola et al., 2005) también fue reportado un control del ablandamiento de los frutos mediante la aplicación de 1-MCP, mientras que Girardi et al. (2003) en el cv. Fuyu observaron un efecto de retraso en la evolución del color.



Recolección: Firmeza, 47.2N; Índice de Color, 10.7

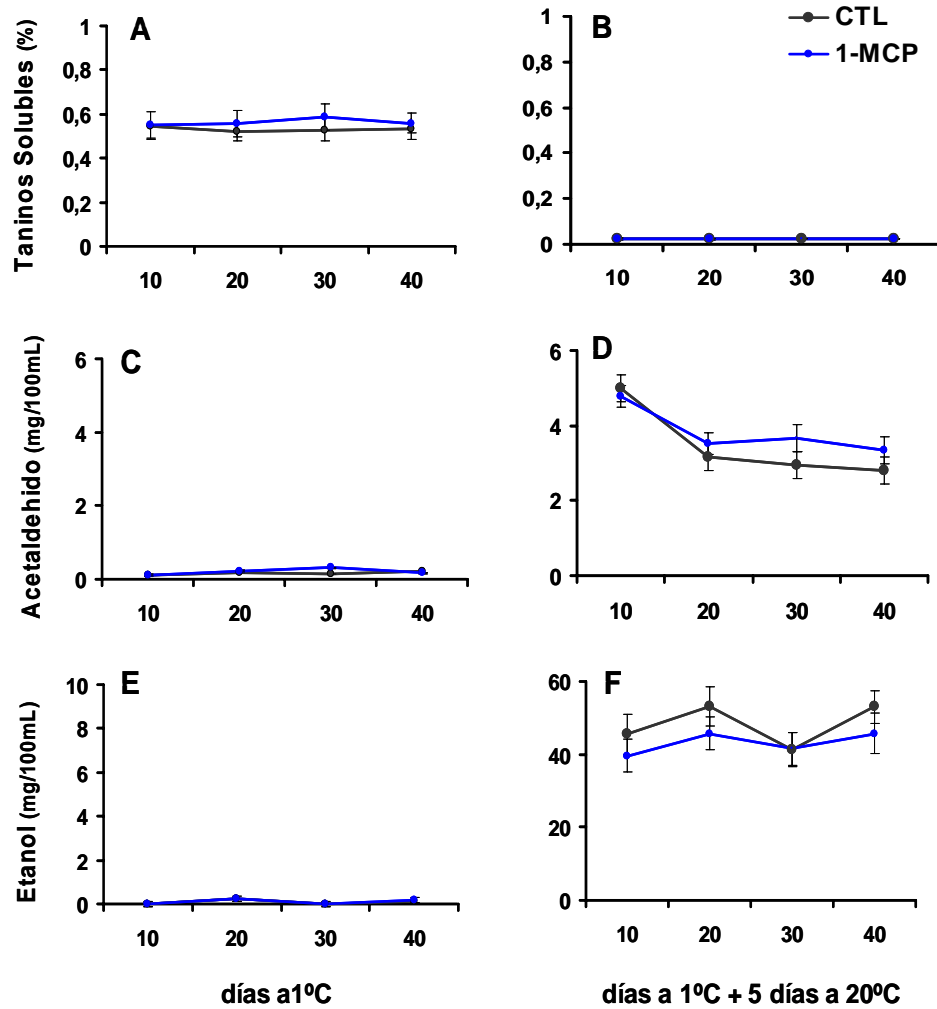
Figura IV.3.2.1. Efecto del 1-MCP (500 nL L⁻¹), sobre la Firmeza (N) y la Coloración externa (1000a/Lb) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 1°C (A, C) y posterior tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C (B, D). Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P=0.05$).

Respecto al **contenido de taninos solubles**, este sufrió un acusado descenso cuando la fruta recibió el tratamiento de desastringencia tras los distintos periodos de conservación a 1°C, presentando tanto la fruta control como la fruta tratada con 1-MCP valores similares en torno a 0.02 % tras los correspondientes periodos de comercialización (Fig. IV.3.2.2B).

Paralelamente al descenso de taninos solubles se observó un importante incremento en la **producción de acetaldehído** tras el periodo de comercialización respecto a aquella presentada durante el almacenamiento a 1°C (Fig. IV.3.2.2D, 2F). El mayor incremento en la producción de acetaldehído tuvo lugar en ambos tratamientos cuando la fruta fue sometida al tratamiento de desastringencia tras 10 días de conservación a 1°C, alcanzando valores de 5mg/100mL; a partir de los 20 días de conservación el incremento fue un poco menos pronunciado, presentando a partir de este momento valores tras el periodo de comercialización en torno a 4 mg/100mL, sin observarse diferencias entre fruta tratada con 1-MCP y fruta no tratada (Fig. IV.3.2.2D).

Al igual que el acetaldehído, la **producción de etanol** sufrió un marcado incremento tras la aplicación del tratamiento de desastringencia a la fruta, presentando tras los diferentes periodos de comercialización valores en torno a 40-50 mg/100mL, no siendo observado un efecto de la aplicación de 1-MCP sobre la producción de etanol (Fig. IV.3.2.2F).

Salvador et al. (2004a) reportaron sin embargo, que si bien tras 15 días de conservación a 1°C más una comercialización de 8 días a 20°C no se observaban diferencias en la producción de acetaldehído y etanol en fruta tratada con 1-MCP respecto a fruta no tratada, transcurridos 34 y 50 días de conservación fruta que había recibido el tratamiento con 1-MCP presentaba una producción de acetaldehído y etanol significativamente menor que fruta que no había recibido el tratamiento.



Recolección: Taninos Solubles 0.59% p.f.; Acetaldehído 0.09 mg/100mL; Etanol, 0 mg/100mL

Figura IV.3.2.2. Efecto del 1-MCP (500 nL L^{-1}), sobre el contenido de Taninos Solubles (% p.f.), producción de Acetaldehído y Etanol (mg/100mL), de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 1°C (A, C, D) y posterior tratamiento de desastringencia (95% CO_2 , 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C (B, D, F). Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P=0.05$)

El **contenido de sólidos solubles totales** (SST) sufrió un descenso, tanto en la fruta control como la fruta tratada con 1-MCP, respecto al presentado en conservación. Los SST descendieron desde valores de 17°Brix en conservación a valores entre 15-16°Brix tras el periodo de comercialización, sin observarse diferencias entre la fruta control y la fruta tratada con 1-MCP. Esta disminución del contenido de SST es debida a la insolubilización de los taninos que tiene lugar como consecuencia de la aplicación del tratamiento de desastringencia, y que quedó reflejada en la medición de los SST.

Estos resultados están de acuerdo con lo reportado por Salvador et al. (2004a), quienes no observaron un efecto del tratamiento de 1-MCP aplicado a caqui 'Rojo Brillante' sobre la reducción del contenido de SST que tiene lugar tras la aplicación del tratamiento de desastringencia a la fruta. En 'Fuyu', Girardi et al. (2003) reportaron igualmente una ausencia de efecto del 1-MCP en el contenido de SST de caqui conservado durante 90 días a 1°C.

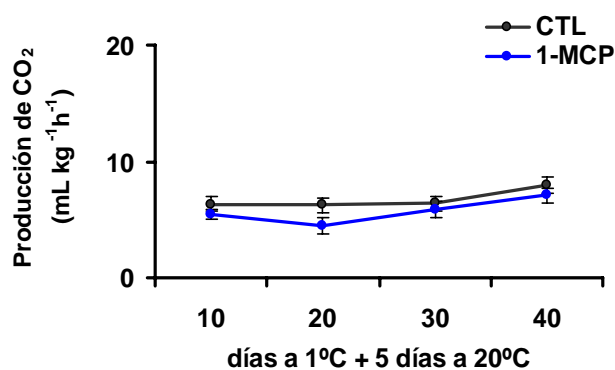
Respecto a la **producción de CO₂ y etileno**, esta fue medida tras los diferentes periodos de comercialización, no observándose un efecto del tratamiento con 1-MCP. La producción de etileno se mantuvo en valores de 0 $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ durante los 40 días que duró el ensayo (datos no mostrados), mientras que la producción de CO₂ presentó un importante incremento respecto al valor de 0 $\text{mL kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ en recolección, alcanzando valores en torno a 6 $\text{mL kg}^{-1} \text{h}^{-1}$, tanto para la fruta control como para la fruta tratada con 1-MCP (Fig. IV.3.2.3).

Estos resultados están de acuerdo con lo reportado por Girardi et al. (2003), Brackmann et al. (2003) y Salvador et al. (2004a), quienes tampoco observaron un efecto del tratamiento con 1-MCP sobre la producción de etileno y CO₂ en caqui.

Tabla IV.3.2.1. Contenido de Sólidos Solubles Totales de caqui 'Rojo Brillante', tratado o no con 1-MCP (500 nL L⁻¹), tras diferentes periodos de conservación a 1°C y posterior tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C. Valores seguidos de la misma letra en cada período de conservación, no difieren significativamente al 5% (test LSD).

SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (° Brix)				
días a 1°C				
	10	20	30	40
CTL	16.88a	16.77a	16.70a	17.25a
1-MCP	17.47a	17.65b	17.78b	17.97b
días a 1°C + 5 días a 20°C				
	10	20	30	40
CTL	15.53a	15.95a	15.58a	16.62a
1-MCP	15.23a	16.21a	16.05a	16.32a

Sólidos Solubles Totales en recolección: 17.7 °Brix



Producción de CO₂ en recolección: 0 mL kg⁻¹ h⁻¹

Figura IV.3.2.3. Efecto del 1-MCP (500 nL L⁻¹), sobre la producción de CO₂ (mL kg⁻¹ h⁻¹) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 1°C más posterior tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) y comercialización de 5 días a 20°C. Las barras verticales representan los intervalos LSD (P=0.05)

IV.3.2.2. ESTUDIO MICROESTRUCTURAL

La Fotografía IV.3.2.1 muestra detalles del tejido celular de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' de muestras conservadas a 1°C durante 10, 20 y 30 días respectivamente, así como estas mismas muestras con un tratamiento previo con 500 nL L⁻¹ de 1-MCP.

Si bien los resultados de firmeza obtenidos en este trabajo no reflejan diferencias entre la fruta control y la fruta tratada con 1-MCP durante la conservación a 1°C, el estudio de la microestructura por SEM indica que las muestras tratadas con 1-MCP presentan una estructura de paredes celulares menos degradadas (Foto. IV.3.2.1D, 1E y 1F) que aquellas que no han recibido el tratamiento (Foto. IV.3.2.1A, 1B y 1C), esta diferencia se hace especialmente visible al comparar muestras almacenadas durante 20 y 30 días (Foto. IV.3.2.1B, 1C/ 1E, 1F). Sin embargo, la formación de numerosos precipitados generados por la interacción química entre los compuestos fenólicos presentes en estas células y el glutaraldehído usado en el protocolo de preparación de las mismas, no dejan ver claramente el efecto del tratamiento sobre la microestructura. Otros autores (Yonemori et al., 1997) han descrito la aparición de precipitados a partir del contenido de las células tánicas coagulado debido a los agentes fijación.

Hay que destacar que aunque estos precipitados enmascaran parcialmente la estructura celular, en las muestras tratadas con 1-MCP (Foto. IV.3.2.1D, 1E y 1F) se observa un íntimo contacto entre la pared celular de células contiguas mientras que en las células de las muestras no tratadas (Fot. IV.3.2.1A, 1B y 1C) parece revelarse una pérdida más importante de la adhesión intercelular.

Las Fotografías IV.3.2.2., 3 y 4 se corresponden con muestras control y muestras tratadas con 1-MCP, almacenadas a 1°C durante 10 (Foto. IV.3.2.2), 20 (Foto. IV.3.2.3) y 30 días (Foto. IV.3.2.4) más los correspondientes periodos de comercialización de 5 días a 20°C. Hay que destacar que las observaciones por SEM de las muestras correspondientes a las salidas de comercialización no presentan los precipitados observados en las salidas de frío, que se atribuyen a la reacción fenoles-glutaraldehído. La insolubilización de taninos que tiene lugar mediante la aplicación del tratamiento con CO₂, debido a la unión de estos con el acetaldehído producido en la respiración anaerobia, explicaría el hecho de que durante la preparación de estas muestras, para su observación por SEM, no se produzcan las condensaciones observadas en muestras no tratadas con CO₂ (Foto. IV.3.2.1).

En la Fotografía IV.3.2.2 se observa las células del parénquima en muestras control (Foto. IV.3.2. 2A, 2B, 2C) y muestras previamente tratadas con 1-MCP (Foto. IV.3.2.2D, 2E, 2F) tras 10 días de conservación a 1°C más 5 días a 20°C. En ambas muestras se observan las paredes celulares íntimamente unidas entre sí, lo que indicaría el mantenimiento de la adhesión intercelular. Parece ser que los componentes de la pared celular no han sufrido todavía cambios importantes por actividad enzimática. En las Fotografías IV.3.2.2A, 2B, 2D y 2E se aprecian las células interaccionando entre sí y con pequeños espacios intercelulares entre ellas. Cuando se observan estas células a más aumentos (Foto. IV.3.2.2C y 2F) no se aprecian diferencias entre tratamientos y no se podría concluir que se produce mayor degradación del tejido celular en ninguna de estas muestras.

En la Fotografía IV.3.2.2D ya se observan las típicas células tánicas cuyas vacuolas están repletas de sólidos insolubles, presumiblemente taninos. Estas observaciones indicarían que efectivamente los taninos en la pulpa del caqui estarían situados específicamente en las denominadas células tánicas como ya han descrito otros autores (Yonemori y Matsushima, 1987; Oshida et al., 1996; Yang et al., 2005) y que el descenso en el contenido de taninos solubles tras el tratamiento de CO₂, tiene lugar efectivamente por insolubilización de los mismos, con la consiguiente pérdida de astringencia.

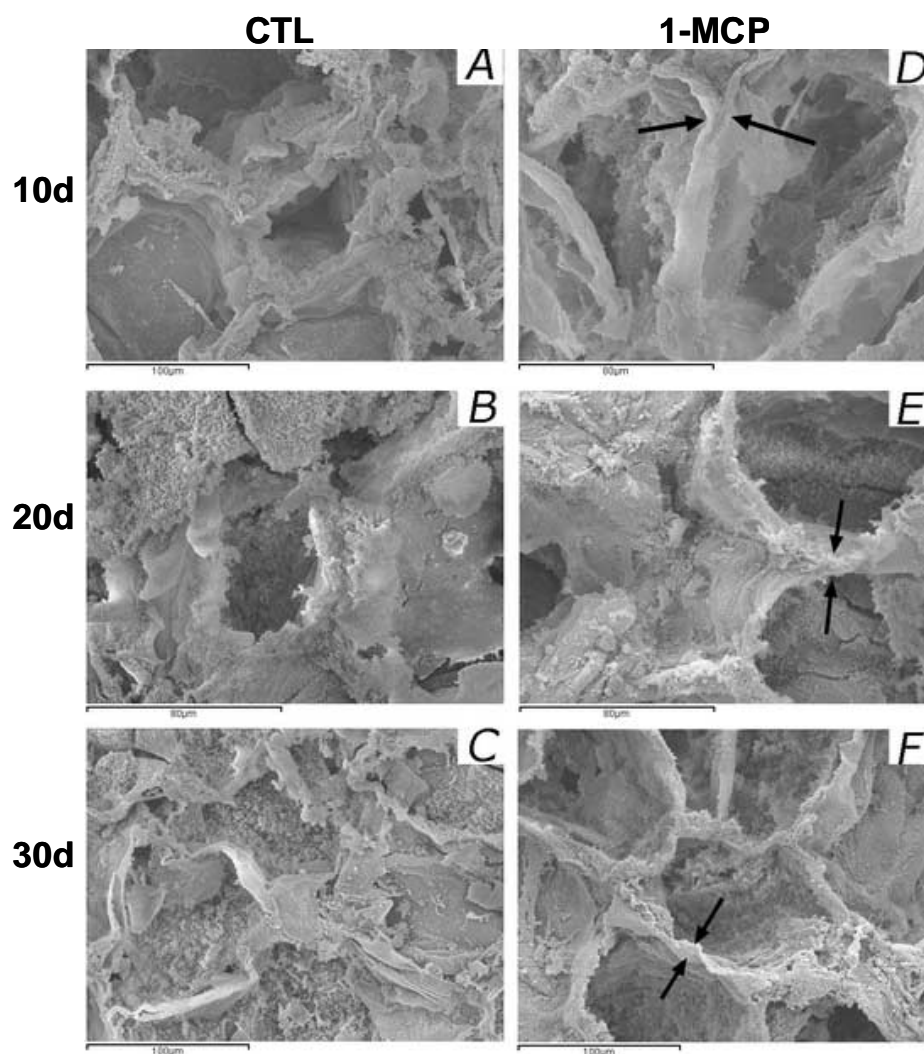
Tras 20 días a 1°C más 5 días a 20° C (Foto. IV.3.2.3) se observan cambios notables entre las muestras no tratadas y tratadas con 1-MCP (Foto. IV.3.2.3A y 3D), observándose que las muestras tratadas con 1-MCP mantienen mayor integridad en sus paredes celulares. Las Fotografías IV.3.2.3B y 3C muestran con más detalle el deterioro de las paredes en muestras no tratadas con 1-MCP y se destaca la pérdida de adhesión intercelular si se comparan con las Fotografías IV.3.2.3E y 3F de muestras tratadas. Este hecho podría atribuirse a una menor actividad de las enzimas de pared en muestras tratadas con 1-MCP, ya que como han visto numerosos autores este compuesto actúa inhibiendo la acción del etileno, principal responsable de la síntesis de proteínas durante la maduración.

No fueron observadas diferencias a nivel microestructural tras el periodo de comercialización de fruta tratada con 1-MCP y conservada a 1°C durante 10 días (Foto. IV.3.2.2D, 2E, 2F) respecto a fruta tratada y conservada durante 20 días a 1° C (Foto. IV.3.2.3D, 3E y 3F).

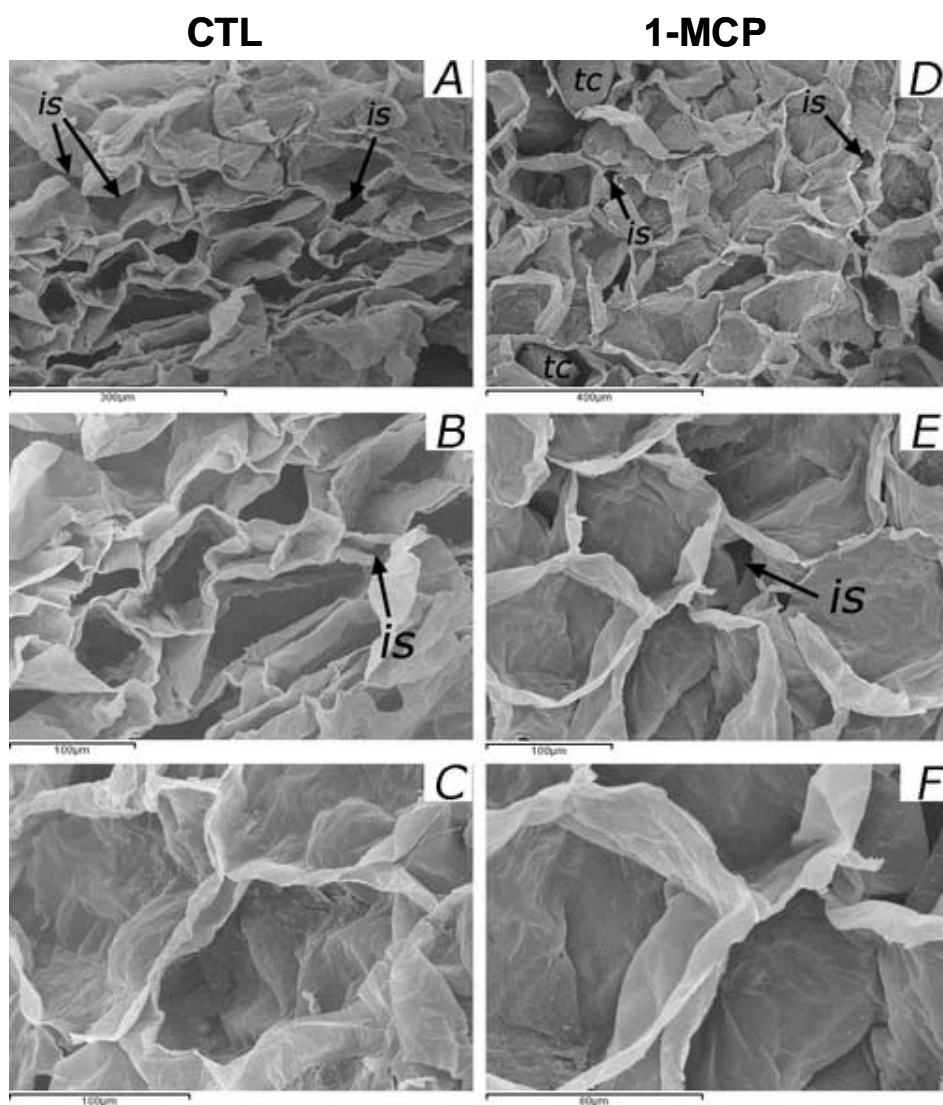
IV. Resultados y Discusión

La Fotografía IV.3.2.4 muestra las células del parénquima en muestras de caqui conservadas durante 30 días a 1°C más 5 días a 20°C. Las muestras no tratadas con 1-MCP (Foto. IV.3.2.4A, 4B y 4C) presentan un tejido celular con numerosos espacios intercelulares y de mayor tamaño que las muestras tratadas con 1-MCP (Foto. IV.3.2.4D, 4E y 4F), lo que reflejaría pérdida de adhesión intercelular producto de una actividad enzimática más intensa.

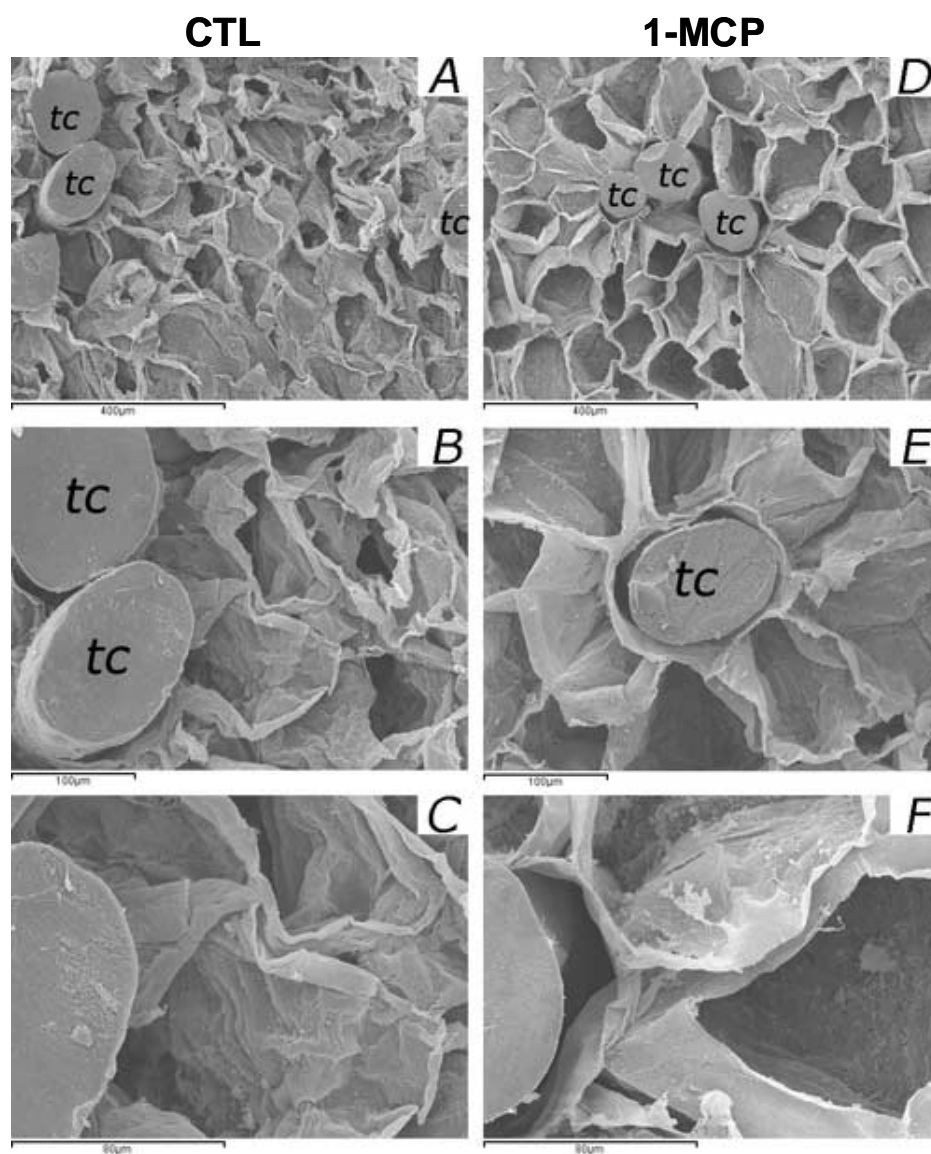
A más detalle (Foto. IV.3.2.4C y 4F) se puede observar más claramente la mayor adhesión intercelular entre paredes celulares en muestras tratadas con 1-MCP (Foto. IV.3.2.4F). Si se comparan las muestras tratadas con 1-MCP y conservadas durante 30 días (Foto. IV.3.2.4D, 4E y 4F) con muestras conservadas durante 20 días (Foto. IV.3.2.3D, 3E y 3F), tras los correspondientes periodos de comercialización, realmente después del tratamiento con 1-MCP no hay diferencias estructurales apreciables. Se podría decir que cuando se prolonga el tiempo de almacenamiento de 10 a 30 días en muestras tratadas con 1-MCP se mantiene la estructura celular. Estas observaciones estarían de acuerdo con los resultados de firmeza obtenidos en este trabajo (Fig. IV.3.2.1B).



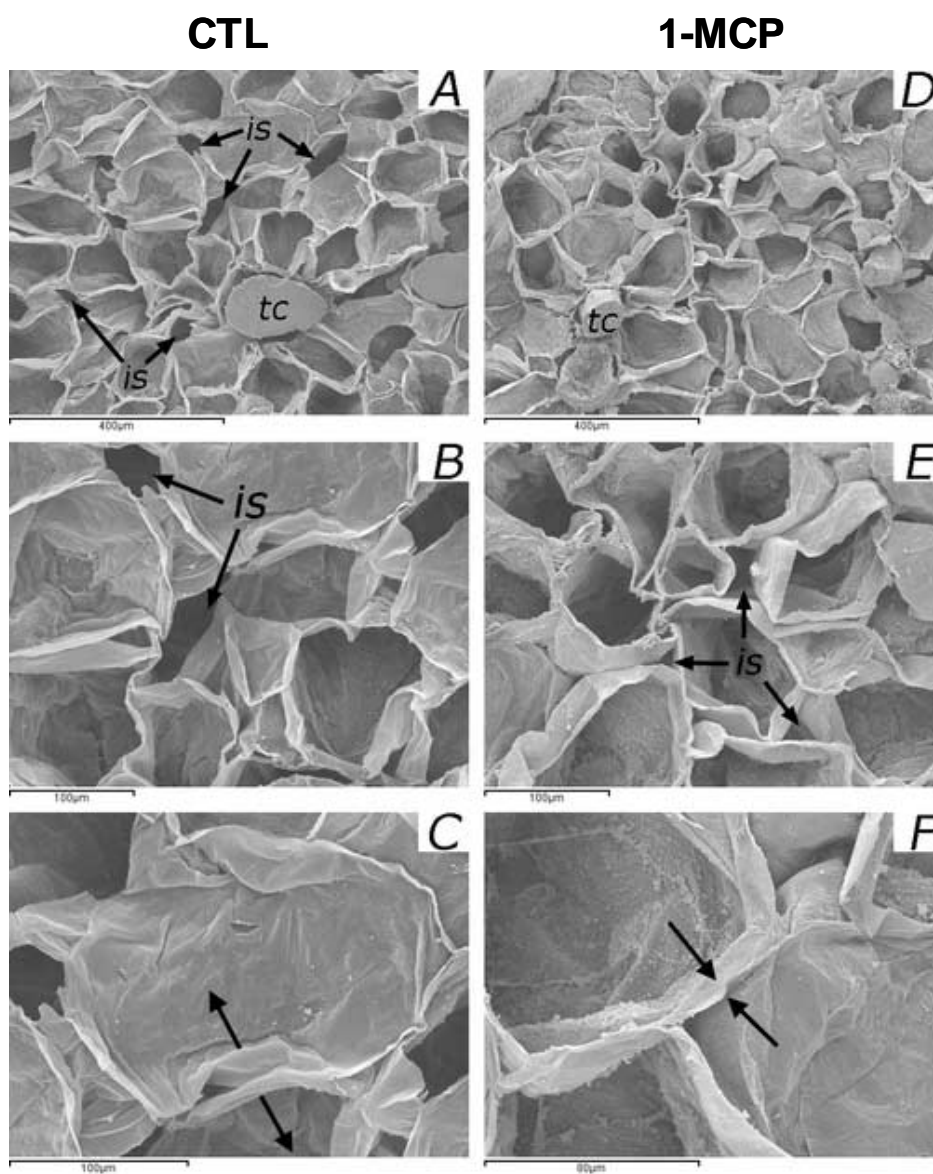
Fotografía IV.3.2.1. Estructura por SEM de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' almacenado a 1°C durante 10, 20 y 30 días: fruta control (1A, 1B, 1C, respectivamente), y fruta tratada con 1-MCP (1D, 1E y 2F, respectivamente). Flechas: contacto entre células contiguas



Fotografía IV.3.2.2 Estructura por SEM de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' almacenado a 1°C durante 10 días más 5 días a 20°C: fruta control (2A, 2B, 2C), y fruta tratada con 1-MCP (2D, 2E y 2F). Is: espacio intercelular; tc: célula tánica



Fotografía IV.3.2.3. Estructura por SEM de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' almacenado a 1°C durante 20 días más 5 días a 20°C: fruta control (3A, 3B, 3C), y fruta tratada con 1-MCP (3D, 3E y 3F). tc: célula tánica



Fotografía IV.3.2.4. Estructura por SEM de la pulpa de caqui 'Rojo Brillante' almacenado a 1°C durante 30 días más 5 días a 20°C: fruta control (4A, 4B, 4C), y fruta tratada con 1-MCP (4D, 4E y 4F). Flechas: contacto entre células contiguas; Is: espacio intercelular; tc: célula tánica

IV. 3. 3. ESTUDIO DEL USO COMBINADO DE TRATAMIENTOS PRECOSECHA Y POSTCOSECHA PARA MEJORAR LA CONSERVACIÓN DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'

En la tabla se muestra, de acuerdo con el apartado III.1.3.3 presentado en el

TRATAMIENTO	Tratamiento Precosecha	Tratamiento Postcosecha
Control	Sin tratamiento	Sin tratamiento
Nitrato Cálcico	Nitrato Cálcico (2%)	Sin tratamiento
Ácido giberélico (GA₃)	GA ₃ (2dosis-50 µL L ⁻¹)	Sin tratamiento
Control-1-MCP	Sin tratamiento	1-MCP (500 nL L ⁻¹)
Nitrato Cálcico-1-MCP	Nitrato Cálcico (2%)	1-MCP (500 nL L ⁻¹)
GA₃-1-MCP	GA ₃ (2dosis-50 µL L ⁻¹)	1-MCP (500 nL L ⁻¹)

capítulo III. 'Material y Métodos', los distintos tratamientos precosecha y postcosecha ensayados con el fin de mejorar la conservación de caqui 'Rojo Brillante'.

IV.3.3.1. RECOLECCIÓN

En la Tabla IV.3.3.1 se muestra el efecto de los diferentes tratamientos precosecha ensayados sobre las características de la fruta en el momento de recolección. Toda la fruta presentó en recolección un estado de madurez comercial.

Fruta no tratada en campo (control) presentó una firmeza de 43N y una coloración naranja-rojiza, siendo el contenido en taninos solubles (TS), responsables del carácter astringente, de 0.29%. El contenido de sólidos solubles totales (SST) fue de 16.05 °Brix.

Fruta tratada con nitrato cálcico presentó una firmeza ligeramente más alta que el control, 48N, mientras que la fruta tratada con GA₃ mostró valores significativamente más elevados, 58N. En un estudio llevado a cabo con el cv. Triumph, Agustí et al. (2004) también encontraron que tanto la aplicación de GA₃, como la de nitrato cálcico, resultaban en el momento de recolección en firmezas más elevadas que la fruta no tratada. En el mismo cultivar, Ben-Arie (1996) observó que la aplicación de GA₃ retrasaba la maduración del fruto en el árbol, relacionando este hecho con un retraso o inhibición de los cambios estructurales de las paredes celulares que acompañan el ablandamiento del fruto. Moon et al. (2002) observaron que aplicando tratamientos precosecha con compuestos cálcicos líquidos se obtenían firmezas más elevadas en recolección.

Agustí et al. (2004), trabajando con cv. Triumph reportaron que tratamientos con GA₃ o nitrato cálcico retrasaban la evolución de color respecto a fruta no tratada, sin encontrar diferencias entre ambos tratamientos. Estos autores también observaron que ninguno de los dos tratamientos había afectado al contenido de sólidos solubles totales o al diámetro de la fruta.

Sin embargo, en el presente trabajo, la fruta tratada con nitrato cálcico presentó una coloración más evolucionada hacia los tonos rojizos y un contenido de sólidos solubles totales mayor que el control, mientras que la fruta tratada con GA₃ presentó un índice de color significativamente menor y un contenido de sólidos solubles totales superior al control pero inferior al de la fruta tratada con nitrato cálcico. Además en el presente trabajo el peso medio de la fruta tratada con GA₃ fue menor que el de la fruta control.

El contenido de taninos solubles, la producción de etileno y CO₂, así como la producción de acetaldehído, no se vieron afectados por ninguno de los tratamientos

precosecha ensayados (Tabla IV.3.3.1), presentando valores reportados para este cultivar por otros autores (Salvador et al., 2004a; Arnal y Del Río, 2004)

Tabla IV.3.3.1. Características en el momento de recolección de caqui 'Rojo Brillante' tratado en precosecha con GA₃ o Nitrato Cálcico. Valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente al 5% (test LSD)

PARÁMETROS EN RECOLECCIÓN			
	Control	Nitrato Cálcico	GA₃
Firmeza (N)	43.16a	48.12b	58.45c
Índice de Color (1000a/Lb)	13.54b	15.29c	8.16a
Peso (g)	329.20b	342.69b	276.83a
Taninos Solubles (%)	0.29ab	0.26a	0.35b
Sólidos Solubles Totales (°Brix)	16.05a	17.5c	17.08b
AcH (mg/100mL)	0.18a	0.18a	0.21a
pH	5.80b	5.83c	5.76a
CO₂ (mL kg⁻¹ h⁻¹)	5.59a	7.25a	6.35a
Etileno (μL kg⁻¹ h⁻¹)	0.01a	0.00a	0.00a

IV.3.3.2. CONSERVACIÓN

IV.3.3.2.1. Firmeza

Conservación a 15°C

Durante el periodo de conservación a 15°C todos los tratamientos mostraron una pérdida de firmeza gradual respecto a los valores de recolección (Fig. IV.3.3.1A). No fue observado un efecto de la aplicación de nitrato cálcico. Fruta tratada con GA₃ resultó en un ablandamiento significativamente más lento que la fruta control, presentando tras 30 días de conservación valores de firmeza superiores a 20N frente al valor de 10N presentado por la fruta control y tratada con nitrato cálcico. Tras 40 días, sin embargo, la fruta tratada con GA₃ sufrió un importante ablandamiento no observándose diferencias entre los tres tratamientos, presentando valores inferiores a 10N.

El tratamiento con 1-MCP retrasó en todos los casos el ablandamiento durante la conservación, especialmente en fruta tratada con GA₃ (GA₃-1-MCP), la cual tras 40 días mantuvo un valor de firmeza superior a los 20N.

Tras la aplicación del tratamiento con altas concentraciones de CO₂ más un periodo de comercialización de 5 días a 20°C, toda la fruta sufrió una pérdida de firmeza respecto a la presentada durante la conservación a 15°C independientemente del tratamiento recibido (Fig. IV.3.3.1B). Esta pérdida de firmeza fue muy acusada en fruta control y fruta tratada con nitrato cálcico, la cual presentó tras 20 días de conservación firmezas cercanas a los 10N, cayendo a valores de firmeza por debajo del límite comercial tras 30 días más comercialización. Fruta tratada con GA₃ sufrió un menor ablandamiento que la fruta control cuando fue transferida a 20°C tras 20 o 30 días de conservación, manteniendo hasta los 30 días firmezas por encima de los 10N.

El tratamiento con 1-MCP, redujo el grado de ablandamiento tanto en la fruta tratada en precosecha como en la fruta control, manteniendo la fruta firmezas comerciales hasta los 40 días. Fruta que recibió el tratamiento GA₃-1-MCP presentó valores de firmeza muy superiores al resto de tratamientos durante 30 días (20N).

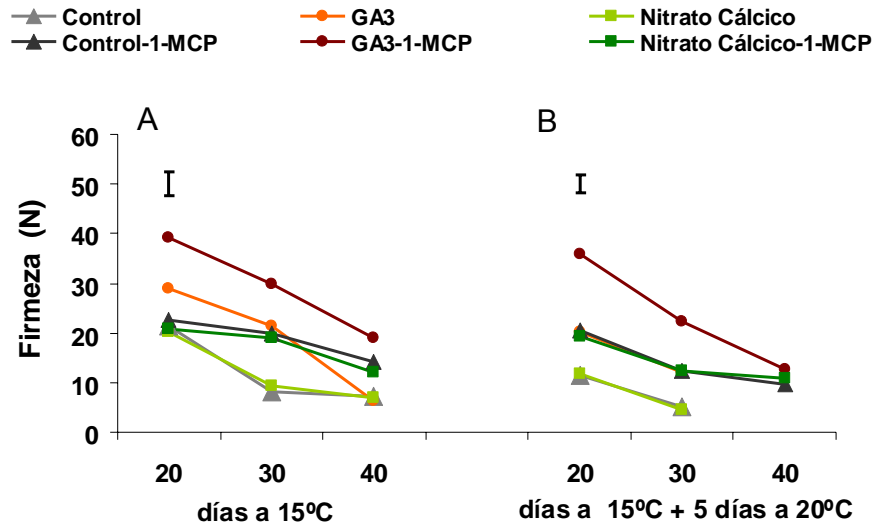


Figura IV.3.3.1. Efecto del tratamiento precosecha con GA₃ o Nitrato Cálxico, solo o en combinación con el tratamiento postcosecha con 1-MCP, sobre la Firmeza (N) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C (A) y posterior tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C (B). La ausencia de valores en algunos tratamientos a partir de los 40 días de almacenamiento es debida a una pérdida excesiva de calidad de la fruta. Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P=0.05$)

Conservación a 1°C

Durante el periodo de conservación a 1°C la fruta control y fruta tratada con nitrato cálcico, con o sin aplicación postcosecha de 1-MCP, sufrieron un ablandamiento gradual, presentando al cabo de 50 días valores no comerciales (Fig. IV.3.3.2A) (momento a partir del cual esta fruta fue retirada de la experiencia). El tratamiento con GA₃ tuvo un marcado efecto de retraso del ablandamiento, sin observarse diferencias entre la fruta que había recibido o no el tratamiento postcosecha de 1-MCP hasta los 50 días, momento en el que ambos tratamientos (GA₃, GA₃-1-MCP) presentaban valores cercanos a los 30N. A partir de este momento, la fruta tratada únicamente con GA₃ sufrió un drástico ablandamiento cayendo a valores por debajo del límite comercial y siendo retirada de la experiencia. Sin embargo, fruta tratada con GA₃ y 1-MCP mantuvo valores de firmeza superiores a los 20N durante 80 días.

Habitualmente, durante la conservación en frío, el caqui 'Rojo Brillante', presenta valores de firmeza constantes muy cercanos al de recolección. Por ello, el ablandamiento gradual observado durante la conservación a 1°C en la presente experiencia debe ser atribuido a exposiciones de los frutos a bajas temperaturas antes de su recolección.

Cuando la fruta fue transferida desde temperaturas de 1°C a temperaturas de 20°C se observó en todos los tratamientos una importante caída de la firmeza, síntoma característico de los daños por frío (Fig. IV.3.3.2B). La fruta tratada con nitrato cálcico y el control presentaron tras 30 días a 1°C más 5 días a 20°C valores por debajo del límite comercial, la fruta tratada con GA₃ se mantuvo comercial hasta los 30 días.

El tratamiento con 1-MCP, retrasó en todos los casos el ablandamiento ocurrido al transferir la fruta a 20°C (Foto. IV.3.3.1). Fruta control-1-MCP y nitrato cálcico-1-MCP mantuvieron firmezas en el límite comercial hasta los 40 días. El mayor efecto del 1-MCP de control del ablandamiento fue observado en la fruta previamente tratada con GA₃, ya que en este caso (GA₃-1-MCP) los valores de firmeza fueron superiores a 30N tras 40 días, manteniéndose por encima de los 20N tras 80 días de conservación más el correspondiente periodo de comercialización a 20°C.

Otros autores han reportado que la aplicación de GA₃ (Ben-Arie et al., 1997), así como la aplicación de compuestos de calcio (Moon et al., 2002), controlaron el ablandamiento del fruto durante la conservación de caqui a bajas temperaturas. Agustí et al. (2004), también observó un efecto de mantenimiento de la firmeza durante la frigoconservación de caqui 'Triumph' tratado en precosecha con GA₃ o nitrato cálcico.

Sin embargo, como se ha mencionado, este efecto del nitrato cálcico no fue observado en el presente estudio.

El hecho de que el tratamiento de la fruta con GA₃ preserve la firmeza durante la conservación a 1°C, fue explicado por Ben-Arie et al. (1996) en el cultivar 'Triumph' como consecuencia de una reducción del metabolismo respiratorio y de la producción de etileno, lo que llevaría a una disminución de la síntesis de enzimas hidrolíticas. Esto fue corroborado por Danieli et al. (2002) en el cultivar 'Fuyu' trabajando a temperaturas moderadas de almacenamiento.

El caqui 'Rojo Brillante' si bien es muy sensible al etileno, presenta una producción muy baja de etileno. En el presente trabajo, no fue posible relacionar el efecto del GA₃, de control del ablandamiento a 15°C y a 1°C con la producción de etileno, ya que para todos los tratamientos la producción de etileno permaneció en todo momento en valores inferiores a 0.2 $\mu\text{L kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ como se muestra en el apartado IV.3.3.2.5.

El efecto del 1-MCP en la reducción del ablandamiento durante la conservación a temperaturas moderadas, observado en el presente trabajo, así como también de control de los daños por frío en frigoconservación, ha sido ampliamente reportado en otras variedades como se ha mencionado en la introducción (Girardi et al., 2003; Brackmann et al., 2004; Kim y Lee, 2005). Sin embargo, el resultado más importante obtenido en este estudio fue el hecho de que el uso combinado de GA₃ en precosecha y 1-MCP en postcosecha permitió prolongar el periodo de conservación hasta cerca de 3 meses a 1°C.

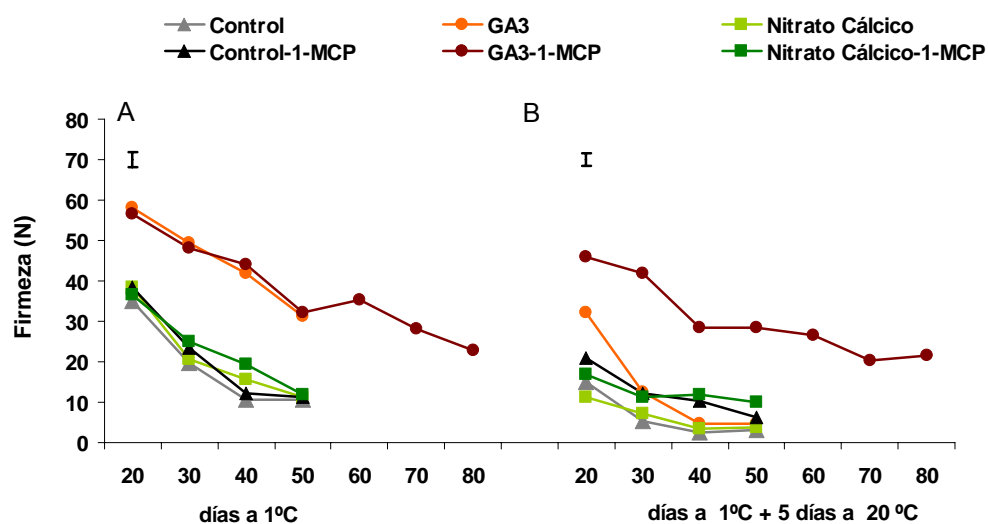
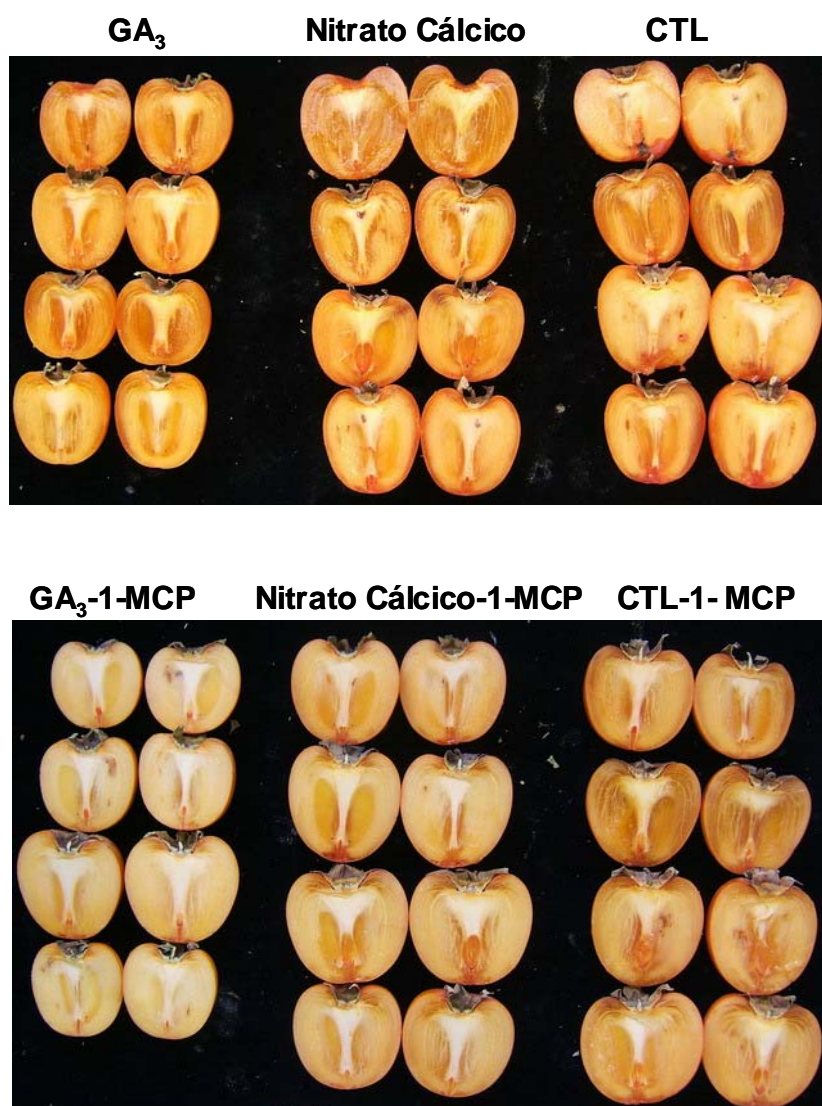


Figura IV.3.3.2. Efecto del tratamiento precosecha con GA₃ o Nitrato Cálculo, solo o en combinación con el tratamiento postcosecha con 1-MCP, sobre la Firmeza (N) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 1°C (A) y posterior tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C (B). La ausencia de valores para algunos tratamientos a partir de los 60 días de almacenamiento es debida a una pérdida excesiva de calidad de la fruta. Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P=0.05$)



Fotografía IV.3.3.1. Aspecto interno de frutos de caqui 'Rojo Brillante' tratados en precosecha con GA₃ o Nitrato Cálculo, solo o en combinación con el tratamiento postcosecha con 1-MCP, tras 50 días de conservación a 1°C y posterior tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C .

IV.3.3.2.2. Color

Conservación a 15°C

La coloración inicial de toda la fruta, incluso en el caso de fruta tratada con GA₃, que presentaba el menor índice de color (IC) en el momento de recolección, se encontraba dentro del rango comercial ya que este cultivar es comercializado con coloración anaranjada.

Durante el periodo de conservación a 15°C toda la fruta sufrió un incremento gradual del IC (Fig. IV.3.3.3A). Al igual que lo observado tras la recolección, fruta tratada con GA₃ mantuvo en todo momento un IC inferior al control.

Fruta tratada con nitrato cálcico, la cual presentaba en cosecha un IC superior a la fruta control, no mostró diferencias tras 30 días de conservación. El 1-MCP no tuvo efecto en la evolución del color, manteniendo la fruta tratada valores similares al de los tratamientos correspondientes sin 1-MCP.

Tras la aplicación del tratamiento de desastringencia más el periodo de comercialización para todos los tratamientos se observó un ligero incremento en la coloración externa (Fig IV.3.3.3B). Fruta tratada con GA₃ mantuvo las diferencias de color observadas durante la conservación a 15°C, con un IC significativamente menor que el control. El 1-MCP no afectó a la evolución del color en la fruta control-1-MCP y GA₃-1-MCP; en el caso de fruta tratada con nitrato cálcico el 1-MCP retrasó ligeramente la evolución de la coloración.

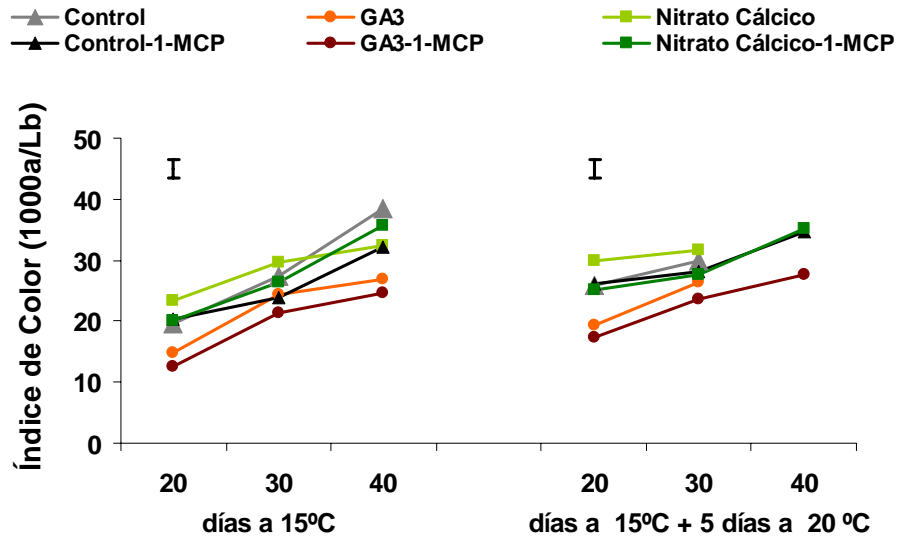


Figura IV.3.3.3. Efecto del tratamiento precosecha con GA₃ o Nitrato Cálculo, solo o en combinación con el tratamiento postcosecha con 1-MCP, sobre el color externo (1000a/Lb) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C (A) y posterior tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C (B). La ausencia de valores para algunos tratamientos a partir de los 40 días de almacenamiento es debida a una pérdida excesiva de calidad de la fruta. Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P=0.05$)

Conservación a 1 °C

Durante la conservación a 1°C se observó un incremento en la coloración externa de los frutos (Fig. IV.3.3.4A), sin embargo este fue menor que el observado durante la conservación a 15°C. Al igual que ocurría a 15°C no se observaron diferencias entre la fruta control y tratada con nitrato cálcico, presentando la fruta tratada con GA₃ en precosecha un índice de color inferior al de ambas. La aplicación del tratamiento postcosecha de 1-MCP no tuvo efecto en la evolución de la coloración durante la conservación a 1°C independientemente del tratamiento precosecha ensayado.

Tras el periodo de comercialización a 20°C la fruta experimentó en todos los casos un aumento del IC (Fig. IV.3.3.4B). Las diferencias de color observadas a 1°C entre fruta tratada con GA₃ respecto a la fruta tratada con nitrato cálcico y al control se mantuvieron tras la aplicación del tratamiento de desastringencia más el periodo de comercialización. El tratamiento con 1-MCP no afectó al color de la fruta control. Sin embargo en el caso de fruta tratada con nitrato cálcico, la aplicación de 1-MCP retrasó ligeramente la evolución del color; este efecto fue más evidente en la fruta tratada con GA₃, donde la aplicación de 1-MCP resultó en IC significativamente inferior.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo coinciden con los presentados por Danieli et al. (2002), quienes observaron un retraso en la degradación de clorofilas y síntesis de carotenoides en fruta previamente tratada con GA₃ pero no en aquella tratada con calcio (Cl₂Ca).

Un retraso en la evolución del color durante la conservación de caqui 'Rojo Brillante' tratado con 1-MCP ha sido previamente observado, tanto a 1°C como a 15°C (Salvador et al., 2004a ; 2004b).

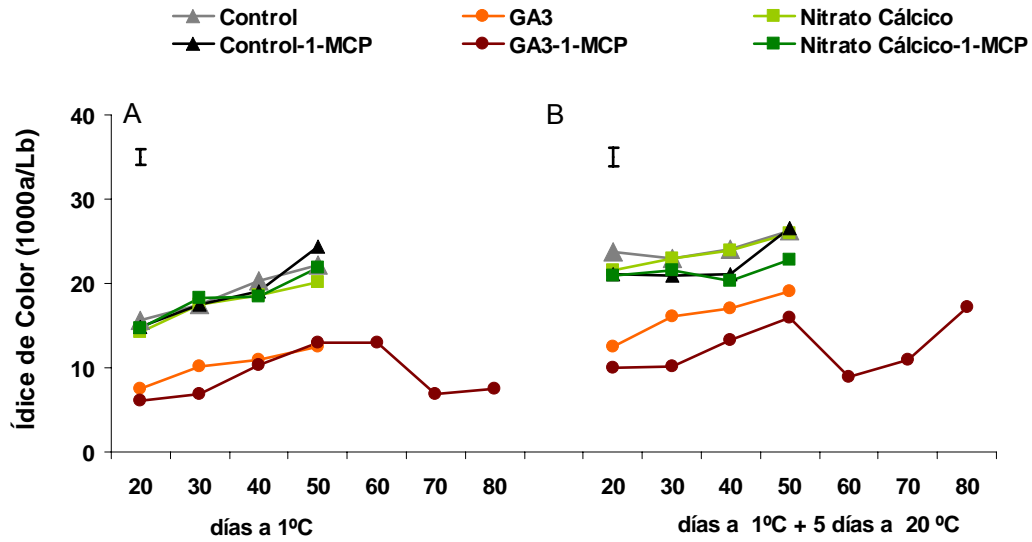


Figura IV.3.3.4. Efecto del tratamiento precosecha con GA₃ o Nitrato Cálxico, solo o en combinación con el tratamiento postcosecha con 1-MCP, sobre el color externo (1000a/Lb) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 1°C (A) y posterior tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C (B). La ausencia de valores para algunos tratamientos a partir de los 60 días de almacenamiento es debida a una pérdida excesiva de calidad de la fruta. Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P=0.05$)

IV.3.3.2.3. Astringencia

La astringencia de la fruta fue evaluada mediante la determinación del contenido de taninos solubles (TS), la producción de acetaldehído (ACh), y el análisis organoléptico.

Conservación a 15°C

Durante el almacenamiento a 15°C el **contenido en TS** de la fruta tratada en precosecha, con o sin aplicación de 1-MCP en postcosecha, no varió significativamente respecto a los valores presentados en recolección (control 0.29%; nitrato cálcico 0.26%; GA₃ 0.35%). La concentración de TS permaneció tras la conservación a 15°C alrededor de 0.27% en el caso de la fruta control y nitrato cálcico, y 0.33% en fruta tratada con GA₃ (datos no mostrados).

Cuando la fruta fue sometida al tratamiento de desastringencia tras 20 días de conservación a 15°C, el contenido en TS descendió para todos los tratamientos a valores inferiores al 0.12% (Fig. IV.3.3.5). Este descenso fue igualmente observado cuando el tratamiento de CO₂ fue aplicado tras 30 días de conservación, excepto en el caso de la fruta tratada con nitrato cálcico, en la cual el descenso en el contenido de TS fue significativamente menor que en el resto de tratamientos, presentando valores más elevados (0.16%) que los obtenidos tras 20 días (0.06%). Cuando el tratamiento fue aplicado tras 40 días de conservación, momento en que únicamente fruta tratada con 1-MCP presentaba firmezas comerciales, el descenso de TS fue menor en todos los tratamientos que el observado tras la aplicación del tratamiento de desastringencia a los 30 días, presentando valores en torno al 0.20% sin observarse diferencias significativas entre tratamientos.

El menor descenso del contenido de TS observado en fruta tratada con nitrato cálcico tras la aplicación del tratamiento de desastringencia transcurridos 30 días de conservación, y en fruta tratada con 1-MCP tras 40 días, indica que el tratamiento de desastringencia ha perdido eficacia respecto a su aplicación a los 20 días de conservación.

La pérdida de eficacia del tratamiento de desastringencia observada durante el almacenamiento de la fruta, concuerda con los resultados presentados en el apartado IV.2.3 del presente capítulo.

La **producción de acetaldehído** presentada por la fruta durante la conservación a 15°C se mantuvo al mismo nivel que en el momento de cosecha, alrededor de 0.20 mg/100mL, sin diferencias significativas entre tratamientos precosecha, con o sin aplicación de 1-MCP en postcosecha (datos no mostrados).

Cuando tras diferentes periodos de conservación a 15°C la fruta recibió el tratamiento de desastringencia y fue transferida a 20°C durante 5 días, para todos los tratamientos se observó un marcado incremento en la producción de AcH respecto a la conservación, sin embargo pudieron apreciarse diferencias en función del tratamiento precosecha recibido. Así tras 30 días la producción de AcH de fruta tratada con GA₃ y fruta control presentó valores superiores a 1.5 mg/100 mL, sin embargo en este momento fruta tratada con nitrato cálcico presentó una menor producción de AcH, 0.98 mg/100mL (Tabla IV.3.3.2). Esta menor producción de AcH de la fruta tratada con nitrato cálcico explicaría el mayor contenido de taninos solubles presentado por este tratamiento tras 30 días.

El tratamiento con 1-MCP no afectó a la producción de acetaldehído de la fruta control ni fruta tratada con GA₃; sin embargo cuando fue aplicado a fruta tratada con nitrato cálcico, resultó en una producción de AcH mayor, presentando valores por encima de 2 mg/100mL. Tras 40 días, momento en que únicamente fruta tratada con 1-MCP presentaba firmezas comerciales, se observó un importante descenso en la producción de AcH de todos los tratamientos respecto a la presentada tras 30 días. La menor insolubilización de taninos observada tras 30 días en fruta tratada con nitrato cálcico y en la fruta tratada con 1-MCP tras 40 días (Fig. IV.3.3.5) estaría ligada a una baja producción de acetaldehído en respuesta al tratamiento de desastringencia.

La **evaluación sensorial** (Tabla IV.3.3.4) de la fruta indicó que tras 20 días de conservación más el periodo de comercialización para todos los tratamientos ensayados la astringencia fue prácticamente no detectable por los catadores (1-1.2), lo que nuevamente corrobora la eficacia del tratamiento de desastringencia en este momento. Sin embargo tras 30 días los panelistas detectaron un mayor nivel de astringencia para todos los tratamientos, presentando la fruta tratada con nitrato cálcico la valoración más alta, 2.5. Tras 40 días no se observaron diferencias en el nivel de astringencia, siendo evaluada toda la fruta como ligeramente astringente.

Durante las sesiones de evaluación sensorial realizadas, no fueron detectados malos sabores por los panelistas para ninguno de los tratamientos ensayados.

Conservación a 1°C

Durante la conservación a 1°C la fruta mantuvo **niveles de TS** muy cercanos a los de recolección, no observándose diferencias significativas entre los tratamientos precosecha ensayados. La aplicación de 1-MCP no afectó de manera relevante a la contenido de TS. Tras la aplicación del tratamiento de desastringencia tras diferentes periodos de conservación a 1°C, la concentración de TS descendió a niveles muy bajos similares para todos los tratamientos, con valores inferiores a 0.03% (datos no mostrados).

La **producción de AcH** disminuyó paulatinamente en todos los tratamientos con el avance de la conservación a 1°C , presentando todos los tratamientos valores muy cercanos a cero transcurridos 50 día de conservación (datos no mostrados).

Tras los diferentes periodos de conservación, la aplicación del tratamiento de desastringencia, resultó para todos los tratamientos precosecha, con o sin aplicación de 1-MCP, en un acusado incremento en la producción de AcH. Durante 30 días, este incremento fue menor en la fruta control, sin embargo incluso en este caso los valores fueron superiores a 1.5 mg/100mL (Tabla IV.3.3.3).

La **evaluación sensorial** de la fruta tras el periodo de comercialización reveló una ausencia de astringencia en todos los tratamientos para los diferentes periodos de conservación ensayados (Tabla IV.3.3.5).

La evaluación sensorial y el bajo contenido de taninos solubles tras el tratamiento de desastringencia reflejan una total eficacia del mismo durante la conservación a 1°C, relacionándose los bajos niveles de taninos solubles con la alta producción de acetaldehído observada.

Al igual que durante la conservación a 15°C, no fueron detectados malos sabores para ninguno de los tratamientos durante las sesiones de evaluación sensorial realizadas.

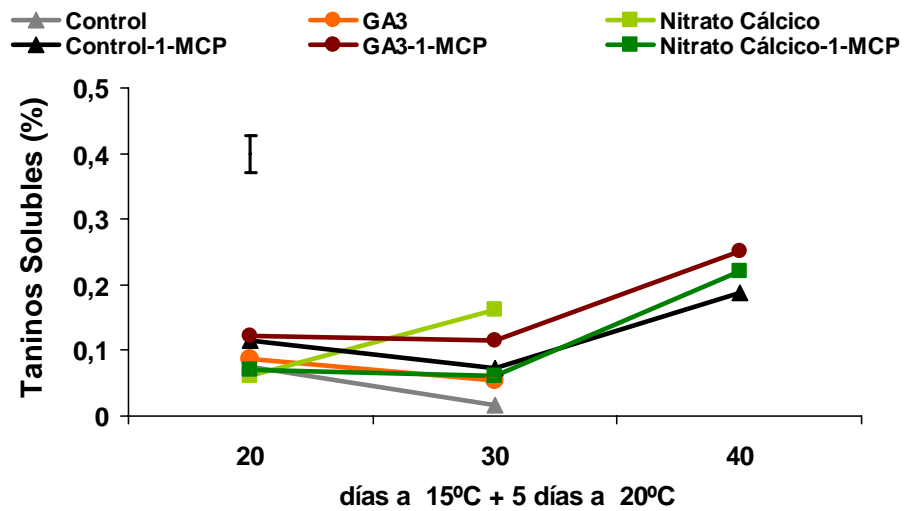


Figura IV.3.3.5. Efecto del tratamiento precosecha con GA₃ o Nitrato Cálculo, solo o en combinación con el tratamiento postcosecha con 1-MCP, sobre el contenido de Taninos Solubles (%) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C más el posterior tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) y comercialización de 5 días a 20°C. La ausencia de valores para algunos tratamientos a partir de los 40 días de almacenamiento es debida a una pérdida excesiva de calidad de la fruta. Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P=0.05$)

Tabla IV.3.3.2. Efecto del tratamiento precosecha con GA₃ o Nitrato Cálculo, solo o en combinación con el tratamiento postcosecha con 1-MCP, sobre la producción de AcH (mg/100mL) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C más el posterior tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) y comercialización de 5 días a 20°C. La ausencia de valores para algunos tratamientos a partir de los 40 días de almacenamiento es debida a una pérdida excesiva de calidad de la fruta. *Valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente al 5% (test LSD)*

ACETALDEHÍDO (mg/ 100mL)		
	días a 15°C + 5 días a 20°C	
	30	40
Control	2.02 bc	-----
Nitrato Cálculo	0.98 a	-----
GA₃	1.52 ab	-----
Control-1-MCP	2.47 c	1.22 ab
Nitrato Cálculo-1-MCP	2.36 bc	1.26 ab
GA₃-1-MCP	1.64 abc	0.22 a

Tabla IV.3.3.3. Efecto del tratamiento precosecha con GA₃ o Nitrato Cálculo, solo o en combinación con el tratamiento postcosecha con 1-MCP, sobre la producción de AcH (mg/100mL) de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 1°C más el posterior tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) y comercialización de 5 días a 20°C. La ausencia de valores para algunos tratamientos a partir de los 50 días de almacenamiento es debida a una pérdida excesiva de calidad de la fruta. *Valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente al 5% (test LSD)*

ACETALDEHÍDO (mg/ 100mL)						
	días a 1°C + 5 días a 20°C					
	30	40	50	60	70	80
Control	1.71 a	1.62 a	-----	-----	-----	-----
Nitrato Cálculo	3.24 b	1.55 a	-----	-----	-----	-----
GA₃	3.76 b	1.57 a	2.69 b	-----	-----	-----
Control-1-MCP	2.21 ab	2.30 ab	2.24 ab	-----	-----	-----
Nitrato Cálculo-1-MCP	3.66 b	1.62 a	2.24 ab	-----	-----	-----
GA₃-1-MCP	2.89 b	2.07 a	3.20 b	2.46ab	2.40ab	2.66b

Tabla IV.3.3.4. Efecto del tratamiento precosecha con GA₃ o Nitrato Cálculo, solo o en combinación con el tratamiento postcosecha con 1-MCP, sobre la Evaluación Sensorial de la Astringencia de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 15°C más el posterior tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) y comercialización de 5 días a 20°C. La ausencia de valores para algunos tratamientos a partir de los 40 días de almacenamiento es debida a una pérdida excesiva de calidad de la fruta. *Valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente al 5% (test LSD)*

EVALUACIÓN SENSORIAL DE ASTRINGENCIA (1- no astringente a 4- muy astringente)			
	días a 15°C + 5 días a 20°C		
	20	30	40
Control	1,2 a	1,8 b	-----
Nitrato Cálculo	1,2 a	2,5 b	-----
GA₃	1,2 a	2,0 b	-----
Control-1-MCP	1,2 a	1,8 b	2,0 b
Nitrato Cálculo-1-MCP	1,0 a	2,2 b	2,0 b
GA₃-1-MCP	1,2 a	2,2 ab	2,0 b

Tabla IV.3.3.5. Efecto del tratamiento precosecha con GA₃ o Nitrato Cálculo, solo o en combinación con el tratamiento postcosecha con 1-MCP, sobre la Evaluación Sensorial de la Astringencia de caqui 'Rojo Brillante' tras diferentes periodos de conservación a 1°C más el posterior tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C, 24h) y comercialización de 5 días a 20°C. La ausencia de valores para algunos tratamientos a partir de los 50 días de almacenamiento es debida a una pérdida excesiva de calidad de la fruta. *Valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente al 5% (test LSD)*

EVALUACIÓN SENSORIAL DE ASTRINGENCIA (1- no astringente a 4- muy astringente)							
	días a 1°C + 5 días a 20°C						
	20	30	40	50	60	70	80
Control	1.0 a	1.0 a	1.0 a	-----	-----	-----	-----
Nitrato Cálculo	1.0 a	1.0 a	1.0 a	-----	-----	-----	-----
GA₃	1.0 a	1.0 a	1.0 a	1.0 a	-----	-----	-----
Control-1-MCP	1.2 a	1.0 a	1.0 a	1.0 a	-----	-----	-----
Nitrato Cálculo-1-MCP	1.0 a	1.0 a	1.0 a	1.0 a	-----	-----	-----
GA₃-1-MCP	1.0 a	1.3 a	1.0 a	1.0 a	1.0a	1.2a	1.1a

IV.3.3.2.4. Sólidos Solubles Totales (SST) y pH

Conservación a 15°C y 1°C

Durante la conservación a 15°C y 1°C no se observaron diferencias destacables entre tratamientos respecto al contenido de SST, presentando valores muy cercanos a los de recolección, en torno a 16-17 °Brix. El pH de la fruta se mantuvo en valores entre 5.8-6 para todos los tratamientos precosecha, sin diferencias importantes entre ellos no siendo observado un efecto del tratamiento con 1-MCP (datos no mostrados).

Cuando la fruta fue sometida al tratamiento de desastringencia el contenido en SST bajó a valores en torno al 15-15.5 °Brix para todos los tratamientos; el pH sufrió un muy ligero incremento respecto a la conservación, presentando valores de 6.2 o superiores, sin apreciarse diferencias destacables entre tratamientos.

Es descenso de SST observado tras la aplicación del tratamiento de desastringencia más el periodo de comercialización es debido a la gran cantidad de taninos solubles que son insolubilizados en dicho tratamiento. El carácter ácido de los taninos en su forma soluble, explica el incremento de pH observado cuando estos son insolubilizados.

IV.3.3.2.5. Producción de CO₂ y Etileno

La producción de CO₂ y etileno fue medida para cada periodo de conservación tras la aplicación del tratamiento de desastringencia más el periodo de comercialización de 5 días a 20°C.

La producción de CO₂ presentó a lo largo de la **conservación a 15°C** más **los diferentes periodos de comercialización** valores constantes en torno a 3.5 – 4.5 mL kg⁻¹ h⁻¹, no observándose diferencias significativas entre los distintos tratamientos precosecha (datos no mostrados); tampoco fue observado un efecto de la aplicación de 1-MCP. La producción de etileno tras los diferentes periodos de comercialización, mostró para todos los tratamientos valores de 0 µL kg⁻¹ h⁻¹ o muy cercanos (datos no mostrados).

Cuando la producción de CO₂ fue medida tras los distintos periodos de **conservación a 1°C** más **la correspondiente comercialización a 20°C**, mientras la fruta tratada con GA₃-1-MCP presentó valores entre 4-5 mL kg⁻¹ h⁻¹, el resto de

tratamientos presentó una producción de CO₂ más elevada, 5-7 mL kg⁻¹ h⁻¹. Este efecto del 1-MCP no fue observado en el resto de tratamientos. Al igual que ocurría durante la conservación a 15°C la producción de etileno durante la conservación a 1°C presentó tras el periodo de comercialización valores de 0 µL kg⁻¹ h⁻¹ o muy cercanos, sin diferencias destacables entre tratamientos.

El daño por frío ha sido relacionado en otras variedades de caqui con un incremento en la producción de CO₂ y etileno (MacRae, 1987a; Kader, 2002b). Si bien en esta experiencia, no se puede relacionar el daño por frío con una mayor producción de etileno, si fue el tratamiento GA₃-1-MCP el que presentó una menor tasa respiratoria. Este tratamiento fue el que resultó en un mayor retraso del daño por frío y permitió prolongar la conservación por más tiempo.

IV.3.3.2.6. Pérdida de Peso

Conservación a 15°C

Durante la conservación a 15°C toda la fruta sufrió una pérdida de peso gradual. Hasta los 30 días de conservación, fruta GA₃ y GA₃-1-MCP presentaron una pérdida de peso ligeramente inferior al control, sin embargo, transcurridos 40 días no se observaron diferencias entre tratamientos, presentando valores en torno a 6.5% de pérdida de peso. No se observó un efecto del 1-MCP.

Cuando la fruta fue sometida al tratamiento de desastringencia y mantenida durante 5 días a 20°C sufrió una mayor pérdida de peso, e igual que ocurría en conservación fruta que había recibido el tratamiento con GA₃ presentó hasta los 30 días a 15°C más 5 días a 20°C las menores pérdidas de peso, desapareciendo estas diferencias entre tratamientos tras 40 días, con valores en torno a 7.7% (datos no mostrados).

Conservación a 1°C

Es sabido que las bajas temperaturas ralentizan el metabolismo de la fruta, lo que implica una menor transpiración que a temperaturas moderadas. Durante la conservación a 1°C toda la fruta sufrió una gradual pérdida de peso, si bien, esta fue mucha más lenta que la observada a 15°C. Tras 50 días de conservación la pérdida de peso observada fue de en torno al 1.5%, sin diferencias entre tratamientos. Tras 80

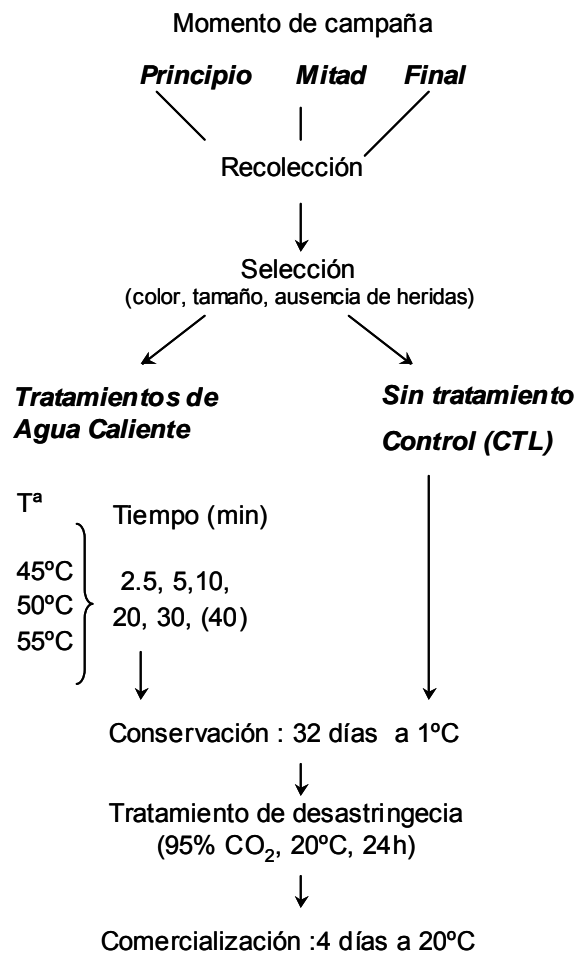
IV. Resultados y Discusión

días de conservación fruta GA₃-1-MCP presentaba una pérdida de 2.5 % de su peso inicial.

Cuando la fruta fue sometida al tratamiento de desastringencia y mantenida durante 5 días a 20°C la pérdida de peso incrementó en todos los casos, sin observarse un efecto claro de los tratamientos. Tras 50 días las pérdidas presentaban valores del 2.5-3% para todos los tratamientos; al igual que ocurría en conservación, estos valores fueron inferiores a los observados tras el periodo comercial de fruta conservada a 15°C. Tras 80 días a 1°C más 5 días a 20°C la fruta GA₃-1-MCP presentó una pérdida de 4 % de su peso inicial (datos no mostrados).

IV.3.4. EFECTO DE TRATAMIENTOS DE AGUA CALIENTE EN LA CONSERVACIÓN FRIGORÍFICA DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'.

A continuación se muestra, de acuerdo con el apartado III.1.3.4 presentado en el capítulo III. 'Material y Métodos', los distintos tratamientos de agua caliente (temperatura-tiempo) aplicados a frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados en tres momentos diferentes de la campaña, principio, mitad y final de campaña, con el fin de evaluar su efecto en la conservación de los frutos a bajas temperaturas.



IV.3.4.1. Ensayo 1. Fruta recolectada a principios de campaña, presentando una firmeza de 47 N y un índice de color 2.3.

La aplicación de tratamientos de calor con la finalidad de controlar los daños por frío de caqui ha sido estudiada principalmente en el cultivar 'Fuyu', mostrando un efecto de reducción del ablandamiento y la gelificación, principales manifestaciones del daño por frío en dicho cultivar. Este efecto fue observado tanto aplicando tratamientos de calor en forma de aire (Woolf et al., 1997a, 1997b) como en fruta sometida a baños de agua caliente (Burmeister et al., 1997; Lay et al., 1997).

En el presente estudio, una vez realizados los tratamientos con agua caliente y previamente a transferir la fruta a temperaturas de conservación a 1°C, se realizó una evaluación visual del aspecto externo de la misma, observándose que para ninguna de las combinaciones temperatura-tiempo de tratamiento ensayadas los frutos presentaban alteraciones externas.

Tras un periodo de conservación de 32 días a 1°C, más 4 días de vida comercial a 20°C, la fruta control presentó un importante ablandamiento consecuencia de los daños por frío producidos durante la conservación, mostrando valores de firmeza no comerciales, 5N (Fig. IV.3.4.1A, pg 210). Como ha sido mencionado, el principal síntoma de daño por frío en este cultivar es una drástica pérdida de firmeza cuando la fruta es transferida desde frigoconservación a temperaturas de comercialización. Estudios previos han establecido en 10N el límite de firmeza por debajo del cual el caqui 'Rojo Brillante' deja de ser comercial en forma de "kaki Persimon" (Salvador et al., 2004a).

Fruta sometida a tratamientos con agua caliente a 45°C durante 2.5 min sufrió un ablandamiento similar a la fruta control, sin embargo tratamientos de 5 ó 10 min resultaron en fruta ligeramente más firme que el control, presentando estos valores cercanos al límite comercial. Tratamientos más prolongados, 20 y 30 min, aplicados a esta temperatura redujeron de forma significativa el ablandamiento, manteniendo la fruta firmezas de 25N y 35N respectivamente.

Toda la fruta tratada a 50°C presentó menor ablandamiento que la fruta control tras la comercialización, e incluso para duraciones del baño de 2.5 min la firmeza se mantuvo dentro del límite comercial. A medida que aumentó la duración del baño la pérdida de firmeza sufrida por la fruta fue menor. Así, fruta bañada durante 20 y 30min presentó una firmeza de 39N y 43N respectivamente, valores muy próximos a los 47N de firmeza en recolección (Fig. IV.3.4.1A, pg 210).

Los tratamientos con agua caliente a 55°C por periodos de tiempo cortos, 2.5 y 5 min, también redujeron el ablandamiento con respecto al control, presentado la fruta valores de firmeza superiores a 10N. Tratamientos más prolongados resultaron en fruta con elevada firmeza, en torno a los 40N.

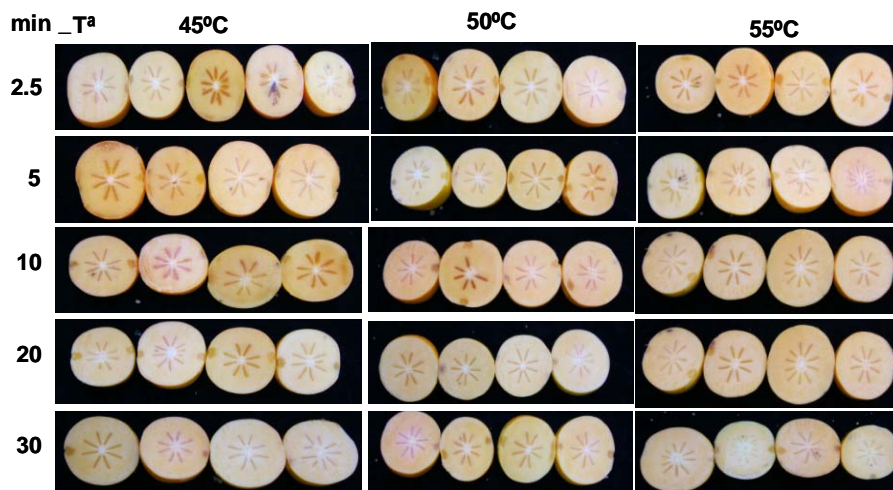
En la Fotografía IV.3.4.1 se muestra el aspecto interno tras el periodo de comercialización de frutos sometidos a las diferentes condiciones de temperatura y duración del tratamiento con agua caliente.

Hay que resaltar que fruta bañada a 55°C por periodos superiores a 2.5 min presentó tras el periodo de comercialización alteraciones en su aspecto externo, observándose un área de piel bronceada alrededor del cáliz (Foto. IV.3.4.2); la incidencia de esta alteración fue mayor a medida que aumentó la duración del baño a 55°C (Fig. IV.3.4.2, pg 211), resultando desde un 21% de fruta dañada cuando el tratamiento fue de 5 min hasta un 70-80% para tiempos de 20-30 min. La severidad del bronceado también se vio incrementada con la duración del tratamiento. Aquellos tratamientos a 55°C que provocaron daños externos al fruto también lo hicieron a nivel interno, observándose un ligero pardeamiento en áreas superficiales de la pulpa (Foto IV.3.4.2).

Cabe también mencionar que fruta tratada a 55°C presentó una desecación visible de los cálices, siendo esta más evidente en los tratamientos más prolongados. Fruta tratada a 45°C y 50°C no presentó alteraciones externas ni internas para ninguno de los tiempos ensayados.

Respecto al color externo, tras la frigoconservación y correspondiente comercialización la fruta control presentó un índice de color (IC) de 12, mientras que todos los tratamientos de calor, excepto el de menor temperatura y menor tiempo de exposición, 45°C-2.5 min, provocaron un retraso en la coloración, presentando valores significativamente inferiores (Fig. IV.3.4.3, pg 211). Este retraso en la evolución del color desde el amarillo-anaranjado al naranja fue más importante cuanto mayor fue la temperatura y la duración del tratamiento. Así, fruta bañada durante 20 ó 30 min a las distintas temperaturas ensayadas no alcanzó índices de color por encima de 7.

IV. Resultados y Discusión



Fotografía IV.3.4.1. Aspecto interno de frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados a principio de campaña, sometidos a Tratamientos de Agua Caliente, temperatura (°C) y duración (min), y almacenados durante 32 días a 1°C más la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) y comercialización de 4 días a 20°C



Fotografía IV.3.4.2. Detalle de bronceado externo y pardeamiento interno de frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados a principio de la campaña y sometidos a Tratamientos de Agua Caliente a 55°C durante 20 min, tras 32 días de almacenamiento a 1°C más la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) y comercialización de 4 días a 20°C.

IV.3.4.2. Ensayo 2. Fruta recolectada a mitad de campaña presentando una firmeza de 33 N y un índice de color 17.4.

En vista de los resultados obtenidos en el Ensayo 1 con fruta recolectada a principio de campaña, en los que una mayor duración del tratamiento implicó un mayor control sobre los daños por frío, se decidió prolongar hasta 40 min la duración de los tratamientos.

Inesperadamente, la observación visual de la fruta tras la aplicación de los tratamientos de agua caliente, reveló que todos ellos, excepto 2.5 ó 5 min a 45°C, habían producido daño externo en la fruta. Este daño por calor se presentó en forma de agrietado de la piel (Foto. IV.3.4.3). El número de frutos afectados, así como la severidad de la alteración fueron mayores con la temperatura y duración del tratamiento. (Fig. IV.3.4.4A, pg 212). Como puede observarse en la figura, el 80% de los frutos tratados a 55°C por tiempos de 20 min o superiores presentaron esta alteración.

En la Fotografía IV.3.4.4 se muestra el aspecto interno de frutos sometidos a los distintos tratamientos de calor tras la frigoconservación y posterior comercialización. Fruta tratada a las diferentes temperaturas por tiempos inferiores o iguales a 10 min no mostró diferencias de firmeza respecto a la fruta control, mostrando valores cercanos a 5N (Fig. IV.3.4.1B, pg 210). Tratamientos superiores a 10 min, para todas las temperaturas ensayadas, resultaron en firmezas por encima de los 10N, presentando en la mayoría de los casos valores cercanos a 20N. Sin embargo, debido a la presencia en el fruto de daños provocados por las distintas temperaturas de tratamiento, estos valores de firmeza no son atribuidos a un control de los daños por frío, como ocurría en el ensayo anterior, sino a un apelmazamiento de la zona superficial de la pulpa. Este apelmazamiento de la pulpa, presumiblemente por desecación, interfirió en las medidas de firmeza, quedando reflejado en forma de altos valores de la misma, por lo que estos datos no resultan representativos del grado de ablandamiento general del fruto. Además, en la zona adyacente al área afectada, la pulpa se observó más blanda y pardeada (Foto. IV.3.4.5).

Al igual que en fruta recolectada a principio de campaña, fruta tratada a 55°C presentó una desecación de sus cálices y pardeamiento de la piel alrededor de los mismos, siendo este más intenso y ocupando mayor superficie a medida que aumentó el tiempo de tratamiento. La temperatura de 55°C también provocó daños internos de la misma naturaleza que los observados en el ensayo anterior.

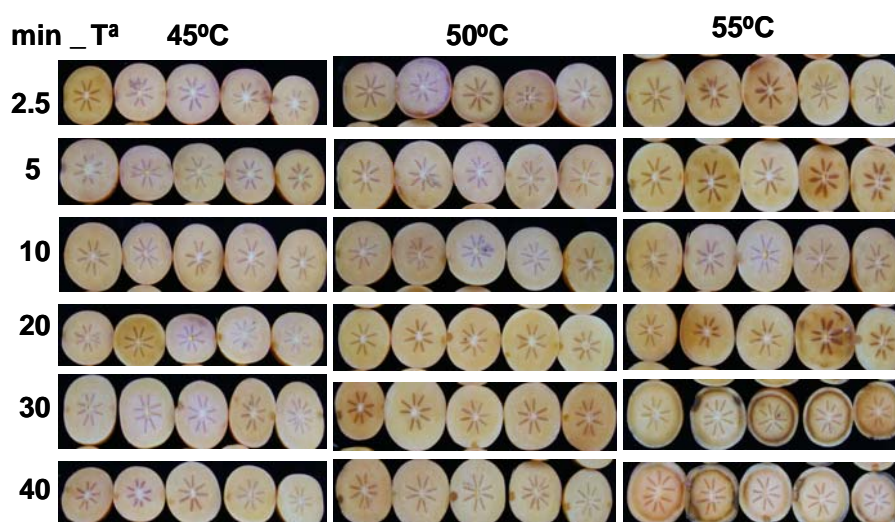
El color externo de fruta tratada a 45°C y 50°C no presentó diferencias con el control; el tratamiento de 55°C, como se ha mencionado, provocó pardeamiento externo,

IV. Resultados y Discusión

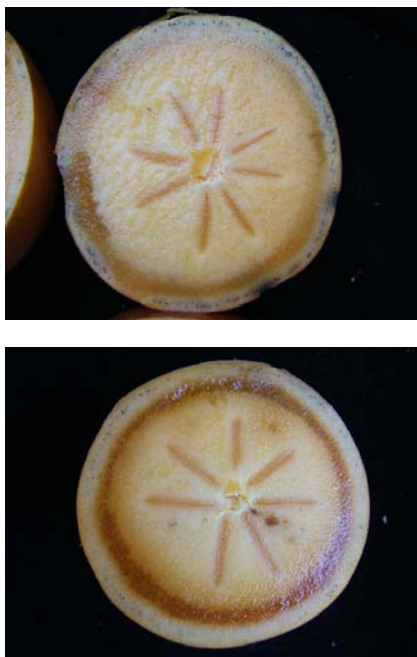
lo cual interfirió en las mediciones de color, dando valores de índice de color elevados (datos no mostrados).



Fotografía IV.3.4.3. Agrietamiento de la piel presentado por frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados a mitad de la campaña y sometidos a Tratamientos de Agua Caliente.



Fotografía IV.3.4.4. Aspecto interno de frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados a mitad de campaña, sometidos a Tratamientos de Agua Caliente, temperatura (°C) y duración (min), y almacenados durante 32 días a 1°C más la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) y comercialización de 4 días a 20°C



Fotografía IV.3.4. 5. Detalle del apelmazamiento de la zona superficial de la pulpa presentado por frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados a mitad de la campaña y sometidos a Tratamientos de Agua Caliente (45, 50, 55°C) por tiempos superiores a 10min.

IV.3.4.3. Ensayo 3. Fruta recolectada a final de campaña presentando una firmeza de 21 N y un índice de color 23.4.

Al igual que en fruta recolectada a mitad de campaña, en el presente ensayo la fruta también presentó tras ser bañada en agua caliente, agrietamiento de su piel. El porcentaje e intensidad de esta alteración fue mayor que en el ensayo anterior (Foto. IV.3.4.6), observándose agrietamiento incluso en fruta tratada a 45°C-2.5 ó 5 min (Fig. IV.3.4.4B, pg 212). La intensidad del agrietamiento aumentó con la temperatura y duración del tratamiento, resultando aquellos tratamientos aplicados por un tiempo superior a 30 min a 45°C, o superior a 20 min en el caso de 50°C y 55°C, en un 100% de frutos afectados.

En la Fotografía IV.3.4.7 se muestra el aspecto interno de frutos sometidos a los distintos tratamientos de curado tras la frigoconservación y posterior comercialización. Tras 32 días de conservación más la comercialización la fruta control presentó valores de firmeza de 5N (Fig. IV.3.4.1C, pg 210). Fruta tratada a 45°C, independientemente de la duración del tratamiento, no mostró diferencias respecto al control en cuanto a firmeza y color (datos no mostrados).

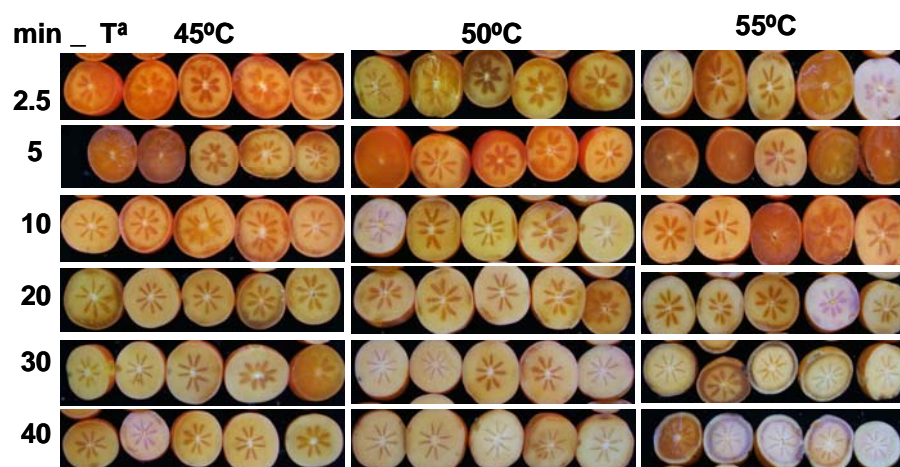
Tratamientos de agua caliente aplicados a 50°C y 55°C por tiempos superiores a 10 min resultaron en valores de firmeza superiores al control, pero al igual que en el ensayo anterior estos valores elevados deben ser atribuidos a la presencia de áreas superficiales de la pulpa compactadas y no a un control de los daños por frío; daños internos de la misma naturaleza que los observados en fruta recolectada a mitad de campaña fueron observados en fruta tratada a 55°C (Foto. IV.3.4.7).

La fruta tratada a 50°C ó 55°C presentó tras el periodo de comercialización una apariencia externa muy deteriorada, ya que junto al agrietado de la piel se observó pardeamiento en prácticamente la totalidad de los frutos (Fig. IV.3.4.5, pg 213), lo que interfirió en las mediciones de color (Foto. IV.3.4.8). Al igual que ocurría con el agrietado de la piel provocado por las altas temperaturas, la incidencia y severidad de este pardeamiento fue mayor a medida que aumentó la intensidad del tratamiento de calor.



Fotografía IV.3.4.6. Agrietamiento de la piel presentado por frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados a final de campaña unos minutos después de ser sometidos a Tratamientos de Agua Caliente (45, 50, 55°C – 2.5 a 40min).

IV. Resultados y Discusión



Fotografía IV.3.4.7. Aspecto interno de frutos caqui 'Rojo Brillante' recolectados a final de la campaña, sometidos a Tratamientos de Agua Caliente, temperatura (°C) y duración (min), y almacenados durante 32 días a 1°C más la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) y comercialización de 4 días a 20°C



Fotografía IV.3.4.8. Pardeamiento externo presentado por frutos caqui 'Rojo Brillante' recolectados a final de la campaña, sometidos a Tratamientos de Agua Caliente (50, 55°C – 2.5 a 40min), y almacenados durante 32 días a 1°C más la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) y comercialización de 4 días a 20°C

Discusión

Los resultados obtenidos indican que la respuesta de caqui 'Rojo Brillante' a los tratamientos con agua caliente para el control de los daños por frío depende en gran medida del momento de recolección y por lo tanto del estado de madurez del fruto.

En fruta recolectada a principio de campaña los tratamientos de agua caliente ensayados redujeron de manera importante la pérdida de firmeza debida a la sensibilidad de este cultivar a las bajas temperaturas, y solo se observaron alteraciones, pardeamiento externo principalmente en la zona que rodea al cáliz, en aquellos tratamientos más intensos aplicados a 55°C.

En fruta recolectada a mitad y final de campaña todas las temperaturas ensayadas tuvieron un efecto negativo en el fruto inmediatamente tras la aplicación del tratamiento, produciendo rotura irreversible de la epidermis y pardeamiento externo. Estos daños por calor se acentuaron con el estado de madurez del fruto y con la temperatura y duración del tratamiento, apareciendo acompañados tras el periodo de comercialización de pardeamiento interno y desecación superficial de la pulpa, con apelmazamiento de la misma. Este compactamiento de la pulpa, más intenso en las áreas más afectadas por el agrietamiento, interfirió en las mediciones de firmeza, y por lo tanto en la evaluación del efecto de los tratamientos en el control del ablandamiento como síntoma de los daños por frío.

La obtención en este estudio de una respuesta diferente a los tratamientos de agua caliente en función del estado de madurez de los frutos, concuerda con lo afirmado por Fallik, E (2004): el tiempo y la temperatura de exposición durante la aplicación de tratamientos con agua caliente que preserva la calidad del fruto en recolección depende además del cultivar, del estado de madurez del fruto, el tamaño del fruto y las condiciones climatológicas y culturales durante la campaña.

Como ya se ha mencionado en la introducción, el caqui 'Rojo Brillante' presenta mayor sensibilidad a las bajas temperaturas en estados de madurez tempranos (Salvador et al., 2005a, 2005b), por lo que resulta de especial interés el control sobre los daños por frío ejercido por los baños de agua caliente en fruta recolectada a principio de campaña, en la cual a mayor temperatura de tratamiento más corto fue el tiempo de aplicación necesario para obtener un efecto beneficioso. Esta interacción entre duración y temperatura de tratamiento está de acuerdo con trabajos previos realizados en el cv. 'Fuyu' (Lay-Yee et al., 1997; Burmeister et al., 1997) en los cuales tratamientos térmicos ejercieron un control sobre la gelificación y pérdida de firmeza del fruto.

El hecho de que mediante la aplicación de tratamientos de calor, la fruta se vea protegida contra daños por exposición a bajas temperaturas se ha relacionado con la expresión de proteínas de choque térmico en frutos como tomate (Vlachonasios et al., 2001; Ilic y Fallik, 2005) o aguacate (Woolf et al., 1995).

Además, los daños por frío parecen iniciarse como daños de membrana (Lurie, 1998); en caqui 'Fuyu', Woolf et al. (1997b) relacionaron la tolerancia a las bajas temperaturas de frutos tratados térmicamente con cambios en las propiedades físicas de la pared celular y poliuronidas.

Respecto a las alteraciones por calor observadas en el presente estudio, en caqui la presencia de pardeamiento asociada a la aplicación de tratamientos térmicos ha sido previamente reportada por Woolf et al. (1997a), Burmeister et al. (1997) y Lay-Yee et al. (1997), quienes observaron, al igual que en este trabajo, un aumento de incidencia y severidad de pardeamiento con el aumento de la temperatura y duración del tratamiento.

Si bien el agrietamiento de la piel de caqui no ha sido relacionado anteriormente con los tratamientos térmicos, cabe mencionar que ciertas variedades como 'Yubeni', 'Fuyu' (Yamada et al., 2003) o 'Jiro' y 'Izu' (Sato y Yamada, 2003) presentan una tendencia natural a sufrir agrietamiento de la zona final del cáliz y de la zona estilar.

En frutos como tomate el agrietamiento ha sido asociado a cambios bruscos de humedad y relacionado con un aumento de los sólidos solubles totales (Peet, 1992). También en tomate, Gao-ZhenHua (1995) relacionó la presencia de esta alteración con una menor firmeza de los frutos y mayor cantidad de pectinas solubles. En base a esto, un aumento de los sólidos solubles totales unido a una disminución de la firmeza, y por lo tanto un aumento de la cantidad de pectinas solubles, a medida que avanza la maduración del caqui, podrían ser algunos de los factores que explicarían la mayor sensibilidad del caqui 'Rojo Brillante' con el avance del estado de madurez a sufrir agrietamiento de la piel tras recibir tratamientos de agua caliente.

Debido a que los distintos estados de madurez ensayados en este estudio fueron representativos de estados de madurez comerciales, el retraso en la coloración observado en fruta recolectada a principio de campaña y tratada térmicamente, no afectaría su comercialización, ya que la fruta presentaba en recolección un IC comercial.

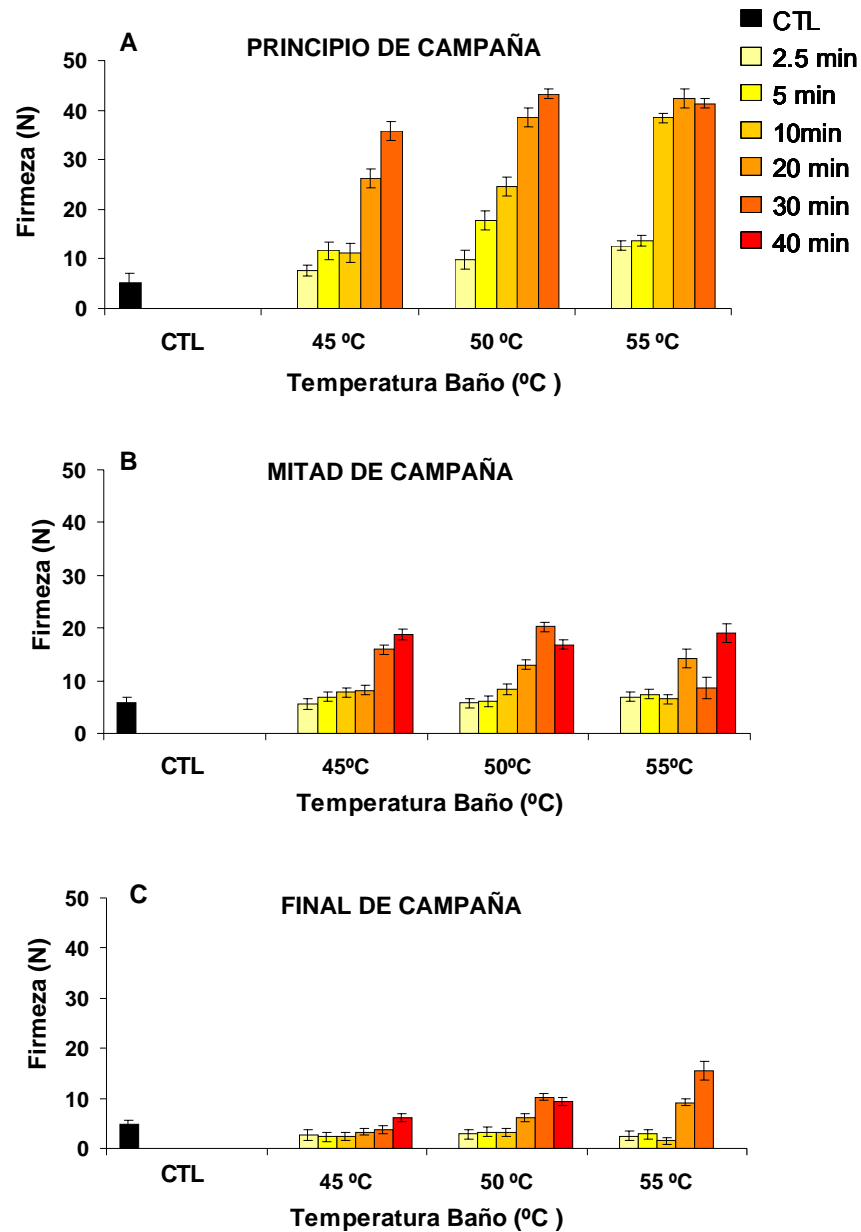
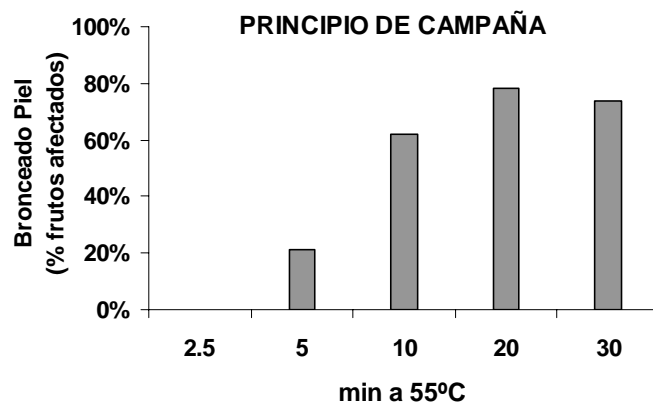


Figura IV.3.4.1. Efecto de la aplicación tratamientos de Agua Caliente, temperatura (°C) y duración (min), sobre la Firmeza (N) de caqui 'Rojo Brillante' recolectado en diferentes momentos de la campaña, tras 32 días de almacenamiento a 1°C más la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) y comercialización de 4 días a 20°C. Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P=0.05$)



Fruta Control y Fruta tratada a 45°C y 50°C: Incidencia 0%

Figura IV.3.4.2. Incidencia (% frutos afectados) de Bronceado alrededor del cáliz de caqui 'Rojo Brillante' recolectado a principio de campaña, tras la aplicación del tratamiento de Agua Caliente a 55°C durante 2.5, 5, 10, 20 y 30 min.

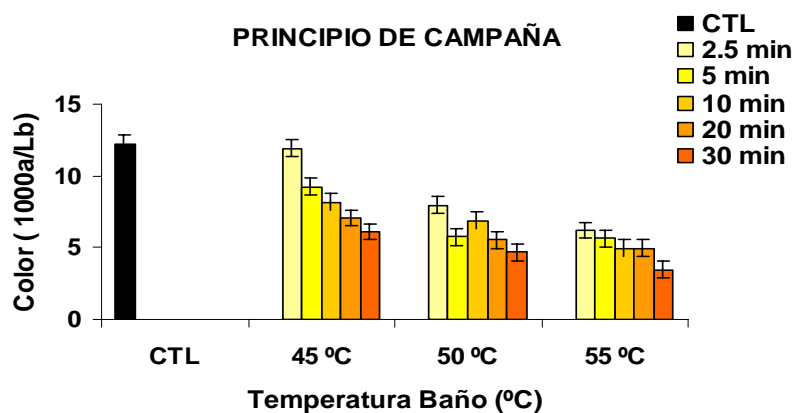
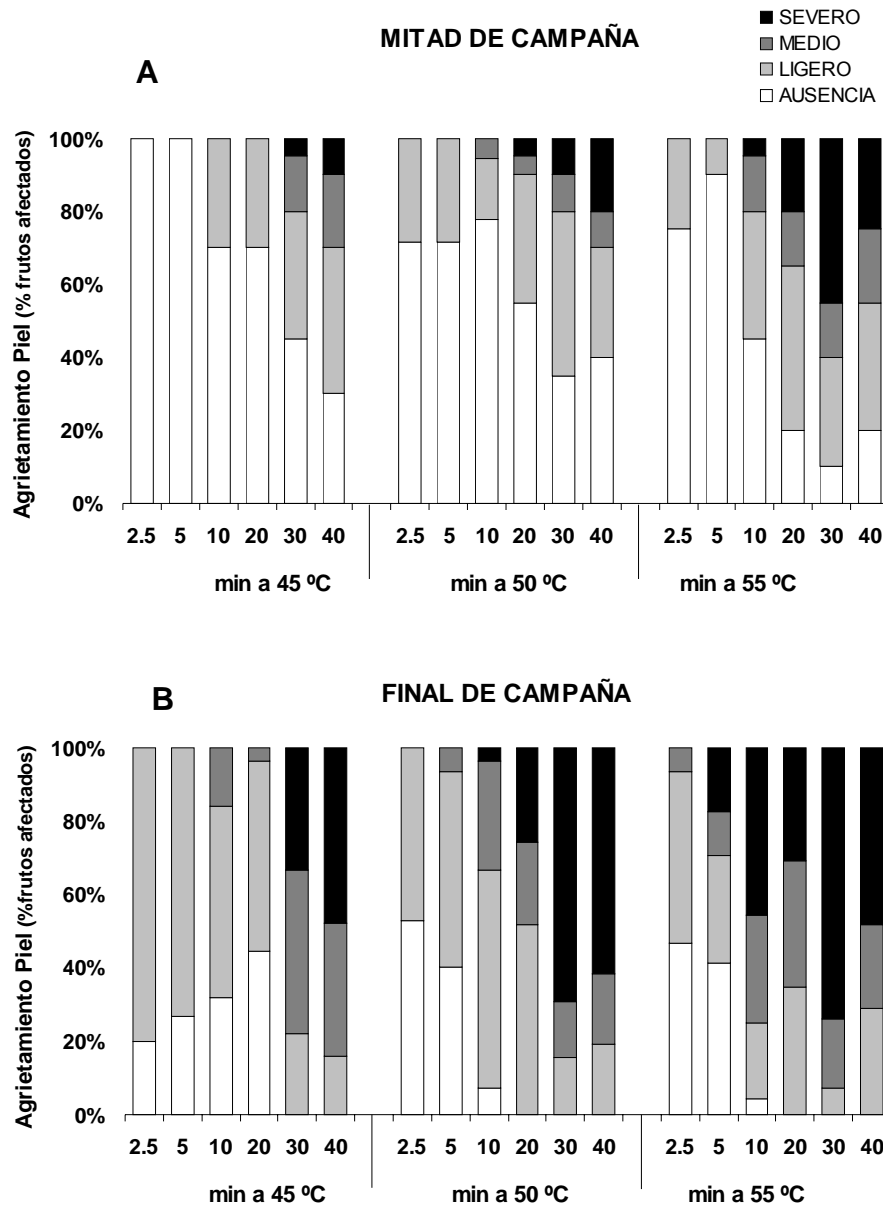


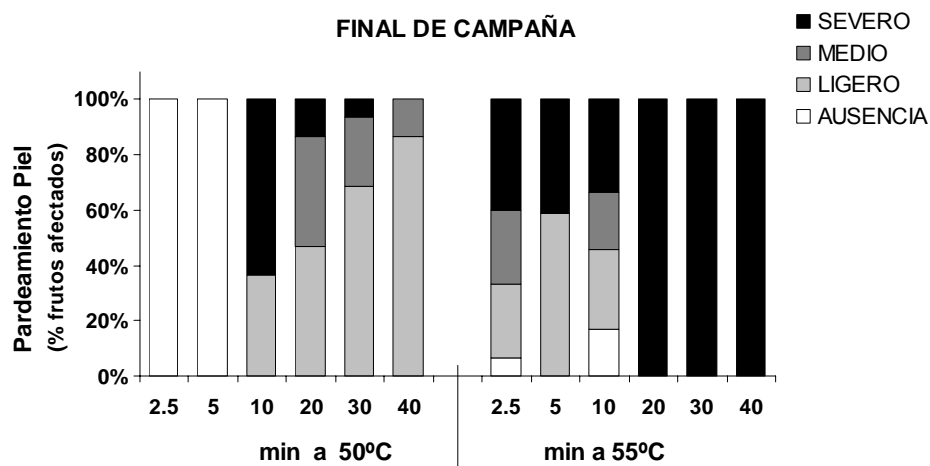
Figura IV.3.4.3. Efecto de la aplicación tratamientos de Agua Caliente, temperatura (°C) y duración (min), sobre el Índice de Color (1000a/Lb) de caqui 'Rojo Brillante' recolectado a principio de campaña, tras 32 días de almacenamiento a 1°C más la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) y comercialización de 4 días a 20°C. Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P=0.05$)



Fruta Control y Fruta Tratada de principio de campaña: Incidencia 0%

Fruta Control de mitad y final de campaña: Incidencia 0%

Figura IV.3.4.4. Incidencia (% frutos afectados) y Severidad (desde ausencia a severo) de Agrietamiento de la Piel de caqui 'Rojo Brillante' recolectado a mitad y final de campaña, tras la aplicación de tratamientos de Agua Caliente, temperatura (°C) y duración (min).



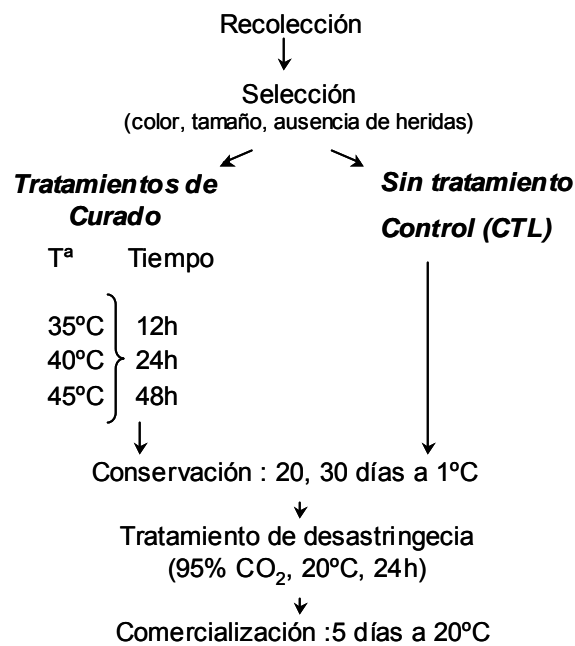
Fruta Control y Fruta Tratada de principio y mitad de campaña: Incidencia 0%.

Fruta Control y Fruta Tratada a 45°C de final de campaña: Incidencia 0%

Figura IV.3.4.5. Incidencia (% frutos afectados) y Severidad (desde ausencia a severo) de Pardeamiento de la Piel de caqui 'Rojo Brillante' recolectado a final de campaña, tras la aplicación de tratamientos de Agua Caliente, temperatura (°C) y duración (min).

IV.3.5. EFECTO DE TRATAMIENTOS DE CURADO EN LA CONSERVACIÓN FRIGORÍFICA DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'.

A continuación se muestra, de acuerdo con el apartado III.1.3.5 presentado en el capítulo III. 'Material y Métodos', los distintos tratamientos de curado (temperatura-tiempo) aplicados a frutos de caqui 'Rojo Brillante' recolectados en tres momentos diferentes de la campaña, con el fin de evaluar su efecto en la conservación de los frutos a bajas temperaturas.



IV.3.5.1. Firmeza

En la presente experiencia, la fruta control, sin tratamiento térmico previo a la conservación, mantuvo **durante el almacenamiento a 1°C** valores de firmeza elevados (40-43N) muy cercanos a los 45N en recolección, sin observarse diferencias de firmeza tras 20 y 30 días de conservación (Fig. IV.3.5.1A y 1C).

Tras 20 días de conservación a 1°C la fruta sometida al tratamiento de curado a 40°C no presentó diferencias de firmeza respecto al control; tampoco se apreciaron diferencias entre las distintas duraciones de tratamiento. Los tratamientos aplicados a 35°C y 45°C resultaron en firmezas inferiores al control; no se observaron diferencias entre los diferentes tiempos de aplicación del tratamiento a 35°C, sin embargo cuando el tratamiento fue realizado a 45°C, la fruta tratada por un tiempo más prolongado (45°C-48h) presentó los menores valores de firmeza (Fig. IV.3.5.1A).

Tras 30 días de conservación a 1°C toda la fruta sometida a tratamientos de calor presentó un descenso de la firmeza respecto a los valores observados tras 20 días de conservación, presentando valores comprendidos entre los 25N y 35N (Fig. IV.3.5.1C). Para cada una de las temperaturas de curado ensayadas se observó un efecto de la duración del tratamiento sobre la firmeza. Para temperaturas de 35°C, si bien no llegaron a existir diferencias significativas, fue la fruta tratada durante 48h la que presentó los valores más elevados de firmeza. Para una temperatura de 40°C, los tratamientos más prolongados, 24h y 48h, resultaron en firmezas más elevadas. Sin embargo, en fruta tratada a 45°C se observó un comportamiento contrario, presentando la fruta menores valores de firmeza cuanto mayor fue el tiempo de tratamiento (Fig. IV.3.5.1C).

Cuando la fruta fue transferida a temperaturas de comercialización, 20°C, tras recibir el tratamiento de desastringencia, tanto la fruta control como la fruta sometida a tratamientos de curado, sufrió un importante ablandamiento (Fig. IV.3.5.1B y D).

Tras 20 días de conservación a 1°C la firmeza de la fruta control cayó a valores por debajo de 10N (Fig. IV.3.5.1B).

Tras 20 días de conservación a 1°C más 5 días a 20°C la fruta sometida a tratamientos de curado a 35°C durante 12h y 24h, experimentó igual grado de ablandamiento que la fruta control, presentando por lo tanto valores de firmeza no comerciales. Sin embargo, cuando el tratamiento de 35°C fue aplicado durante 48h el

ablandamiento fue algo menor, manteniendo valores de firmeza de 15N, superiores al límite comercial (Fig. IV.3.5.1C).

Cuando el tratamiento de curado fue realizado a 40°C, fruta tratada durante 12h no presentó diferencias de firmeza con el control, sin embargo, a esta temperatura de curado tanto las aplicaciones de 24h como de 48h resultaron en un menor ablandamiento de la fruta respecto al control, observándose que a mayor duración de tratamiento mayor fue la firmeza, presentando valores de 15N y 20N respectivamente tras comercialización (Fig. IV.3.5.1C).

El tratamiento de curado aplicado a 45°C no mostró un efecto de mantenimiento de la firmeza respecto al control para ninguna de los tiempos de tratamiento ensayados, resultando en todos los casos en fruta con firmeza no comercial. El tratamiento de mayor duración (45°C-48h) fue el que presentó en este caso los menores valores de firmeza tras 20 días a 1°C más comercialización (Fig. IV.3.5.1C).

Tras 30 días de conservación a 1°C más el periodo de comercialización, la fruta control sufrió un ablandamiento más pronunciado que tras 20 días a 1°C, presentando valores de firmeza inferiores a 5N (Fig. IV.3.5.1D).

Los tratamientos de curado mostraron tras 30 días a 1°C más comercialización un comportamiento similar al observado tras 20 días. Así, únicamente los tratamientos de 35°C- 48h, 40°C- 24h y 40°C- 48h resultaron en valores de firmeza comerciales. Al igual que ocurría tras 20 días de conservación, los tratamientos de 45°C no mejoraron la firmeza, siendo fruta tratada durante 48h la que presentó un mayor ablandamiento (Fig. IV.3.5.1D).

El drástico ablandamiento observado en esta experiencia cuando la fruta fue transferida desde temperaturas de 1°C a temperaturas de comercialización ha sido descrito como el síntoma característico de daño por frío en caqui 'Rojo Brillante' (Arnal y Del Río, 2004).

La obtención de valores de firmeza más elevados en fruta sometida a tratamientos de curado a 35°C- 48h, 40°C- 24h y 40°C- 48h que en la fruta control, muestra un efecto de reducción de los daños por frío mediado por los tratamientos de curado, ya que dichas combinaciones temperatura-tiempo redujeron en mayor o menor medida el drástico ablandamiento sufrido por la fruta al ser transferida a temperaturas de comercialización.

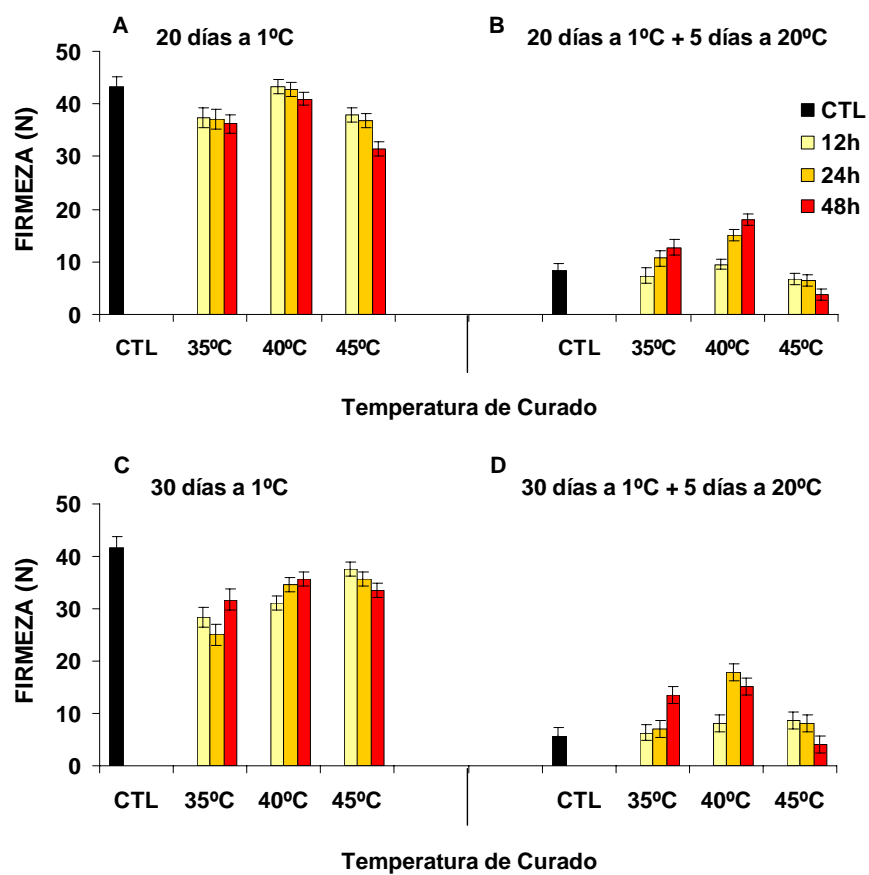


Figura IV.3.5.1. Efecto de la aplicación de diferentes tratamientos de Curado, temperatura (°C) y duración (h), sobre la Firmeza (N) de caqui 'Rojo Brillante', tras 20 y 30 días de almacenamiento a 1°C (A, C) y tras el posterior tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C (B, D). Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P=0.05$).

IV.3.5.2. Alteraciones Externas e Internas

Alteraciones externas

La evaluación externa de los frutos tras 20 y 30 días de conservación a 1°C más el correspondiente periodo de comercialización, mostró que si bien la fruta control no presentó ningún tipo de alteración externa, la aplicación de los tratamientos de curado causó daños externos en la fruta, presentándose estos en forma de un importante agrietamiento de la piel (Foto. IV.3.5.1).

Tras 20 días de conservación a 1°C más la aplicación del tratamiento de desastringencia y subsiguiente periodo de comercialización, todos los tratamientos de calor ensayados resultaron en un porcentaje de fruta que presentaba agrietamiento de la piel (Fig. IV.3.5.2A). Para cada una de las temperaturas ensayadas, fueron aquellos tratamientos de mayor duración los que resultaron en un mayor porcentaje de fruta dañada. También pudo observarse un efecto de la temperatura, ya que si bien fruta tratada a 35°C ó 40°C durante 48h presentó un porcentaje del 40% de fruta con agrietamiento de la piel, tras el tratamiento de 45°C- 48h esta alteración estuvo presente en un 60% de la fruta.

Cuando la evaluación de la fruta fue realizada tras 30 días a 1°C más el periodo de comercialización (Fig. IV.3.5.2B), en general se observó mayor porcentaje de fruta dañada. Para temperaturas de curado de 35°C el porcentaje de fruta dañada aumentó con la duración de tratamiento. En los tratamientos aplicados a 40°C y 45°C no se apreció un efecto claro de la duración del mismo, presentado, en todos los casos, agrietamiento de la piel aproximadamente un 50% de los frutos.

Los resultados obtenidos en la presente experiencia concuerdan con los observados previamente en caqui 'Rojo Brillante' cuando fueron ensayados tratamientos de calor en forma de baños de agua caliente (apartado IV.3.4 del presente capítulo); al igual que lo observado en frutos recolectados a mitad y final de campaña sometidos a baños de agua caliente, la aplicación de tratamientos de calor, en este caso en forma de aire caliente (curado), resultó en daños externos en el fruto en forma de agrietamiento de la piel, observándose un mayor porcentaje de frutos dañados cuanto mayor fue la temperatura y duración del tratamiento.

El principal síntoma externo de daño por calor reportado en otras frutas es el pardeamiento de la piel, habiendo sido también descritos como síntomas de daños por calor la aparición de pitting o amarillamiento de vegetales verdes. La presencia de

grietas provocadas por los tratamientos de calor no ha sido observada en otras variedades de caqui, siendo el pardeamiento de la piel el principal síntoma externo reportado. (Woolf et al., 1997a).

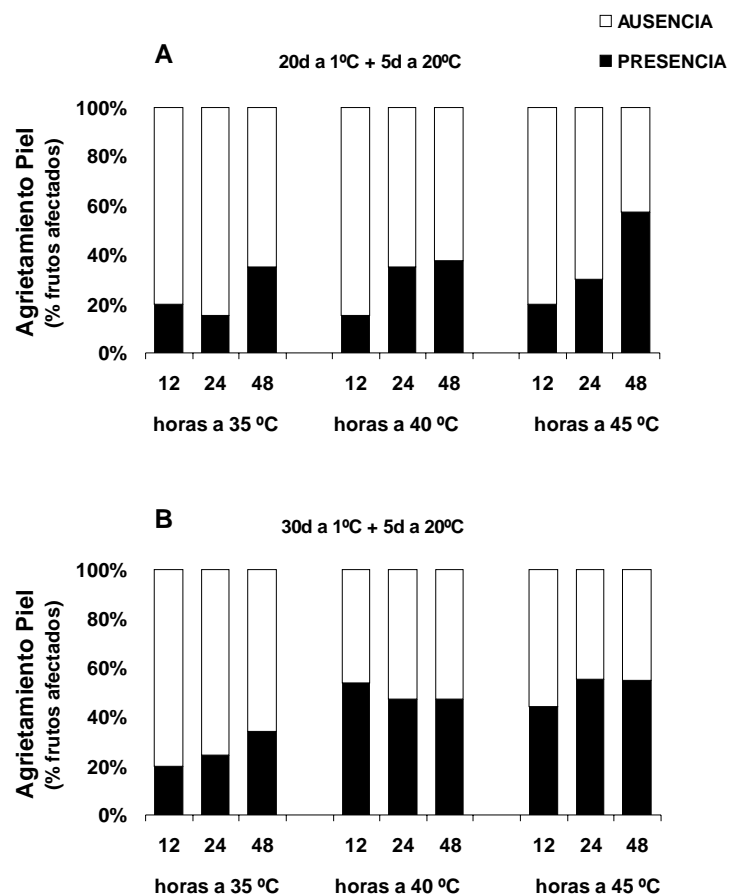
Alteraciones internas

Si bien el ablandamiento es el principal síntoma de daño por frío en 'Rojo Brillante', en conservaciones muy prolongadas, cuando el daño es muy severo se ha observado pardeamiento interno y formación de nódulos en la parte superior del fruto (Arnal et al., 2005).

En la presente experiencia, este tipo de síntomas de daños por frío no fue observado, ni en la fruta control ni en la fruta sometida a tratamientos de curado.

Por otra parte, se han descrito numerosos síntomas internos provocados por los tratamientos de calor, incluso en ausencia de daños externos. Así, pardeamiento interno inducido por los tratamientos de calor ha sido reportado en aguacate, cítricos, melocotones y nectarinas, así como en lichis. Otros síntomas internos, como pobre desarrollo del color de la pulpa, ablandamiento anormal o la aparición de cavidades internas han sido descritos en mango y papaya (Mulas y Schirra, 2007). En caqui, Woolf et al. (1997a) observó que la presencia de pardeamiento externo en fruta sometida a tratamientos de curado se presentaba acompañada de pardeamiento interno de la pulpa.

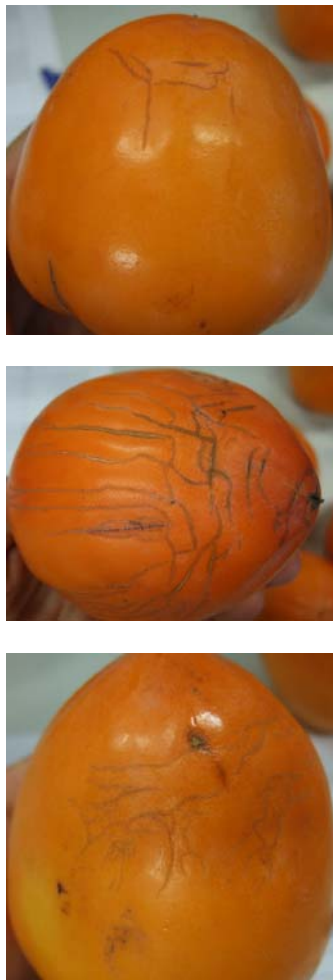
En la presente experiencia, la evaluación interna de los frutos tras los distintos periodos de conservación más la correspondiente comercialización reveló ausencia de daños internos causados por los tratamientos térmicos (Foto. IV.3.5.2). Las grietas de la piel provocadas por el tratamiento de curado, no fueron en este caso acompañadas de un apelmazamiento de la pulpa, como había sido previamente observado cuando el tratamiento de térmico fue aplicado a caqui 'Rojo Brillante' en forma de baños de agua caliente (apartado IV.3.4 del presente capítulo.)



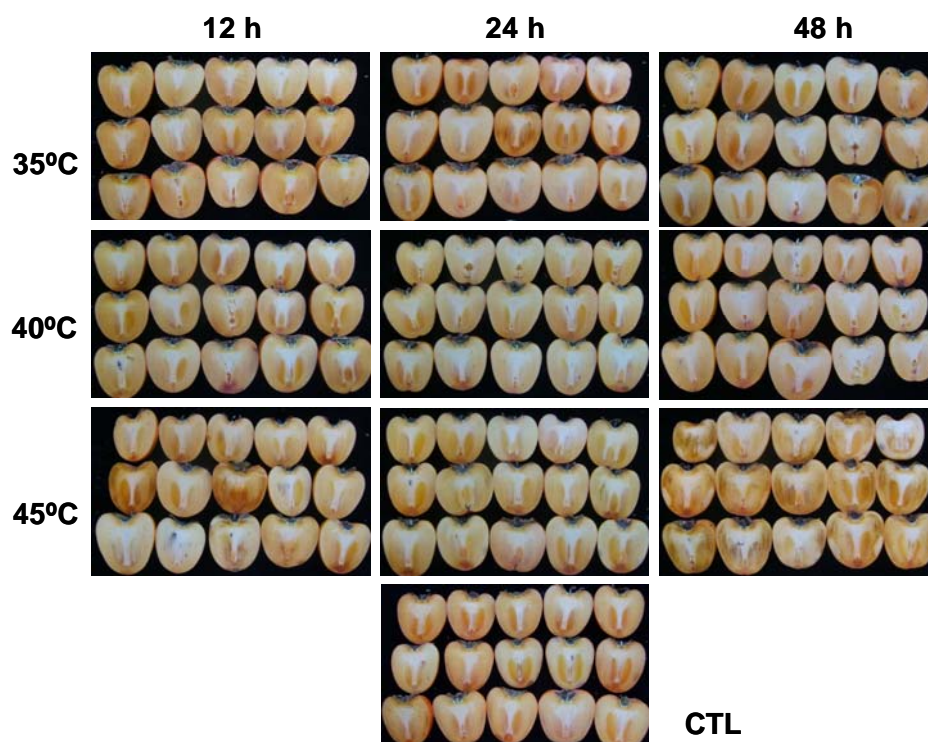
Fruta Control: 0% de incidencia

Figura IV.3.5.2. Incidencia (% frutos afectados) de Agrietamiento de la Piel en frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos a tratamientos de Curado (temperatura (°C) y duración (h)), conservados 20 (A) y 30 (B) días a 1°C más la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) y comercialización de 5 días a 20°C.

IV. Resultados y Discusión



Fotografía IV.3.5.1. Agrietamiento de la piel presentado por frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos a Tratamientos de Agua Curado, 35, 40, 45°C- 12 a 48h, almacenados 20 días 1°C más la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO₂ ,20°C, 24h) y comercialización de 5 días a 20°C.



Fotografía IV.3.5.2. Aspecto interno de frutos de frutos caqui 'Rojo Brillante' sometidos a Tratamientos de Curado, temperatura (°C) y duración (h), almacenados 20 días a 1°C más la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) y comercialización de 5 días a 20°C.

IV.3.5.3. Color

Durante la conservación a 1°C tanto la fruta control como la fruta sometida a tratamientos de curado presentó valores de índice de color (IC) muy cercanos al de recolección (IC 14.93), sin diferencias destacables entre tratamientos (datos no mostrados).

Cuando tras 20 días de conservación a 1°C la fruta recibió el tratamiento de desastringencia y fue transferida a temperaturas de comercialización, la fruta control sufrió un importante avance de su coloración presentando un IC cercano a 25. La fruta tratada a 35°C durante 12h ó 24h o a 40°C-12h no presentó diferencias con el control, mientras que el resto de los tratamientos de curado retrasaron la evolución de la coloración, sin diferencias destacables entre ellos, presentando valores muy próximos al IC de 15 observado en recolección (Fig. IV.3.5.3A).

Cuando el tratamiento de desastringencia fue aplicado tras 30 días a 1°C la fruta control presentó tras el periodo de comercialización a 20°C un avance importante de su coloración con un IC superior 25. Toda la fruta sometida a tratamientos de curado mostró menor IC que el control, pudiendo observarse diferencias entre tratamientos. Fruta sometida al tratamiento de curado a 35°C durante 12h ó 24h o a 40°C- 12h si bien no presentó un avance de la coloración tan importante como el de la fruta control, alcanzó valores de IC de 20. El resto de los tratamiento de curado retrasaron de manera más importante la coloración del fruto, presentando valores más bajos de IC cuanto mayor fue la temperatura y duración del tratamiento (Fig. IV.3.5.3B).

Un retraso en la evolución del color provocado por los tratamientos de calor ha sido también observado por Woolf et al. (1997a) aplicando tratamientos de curado en la variedad 'Fuyu'. También en el cultivar astringente 'Qiandaowuhe' fue reportado un retraso de la coloración de los frutos provocado por la aplicación de tratamientos de curado (Luo, 2006). En caqui 'Rojo Brillante' este efecto fue previamente observado cuando se ensayaron tratamientos de calor en forma de baños de agua caliente (apartado IV.3.4 del presente capítulo).

Debido a que la fruta presentaba en recolección una coloración comercial, el retraso en el avance de color observado en aquellos frutos que recibieron los diferentes tratamientos de curado, no afectó a la calidad comercial de los mismos.

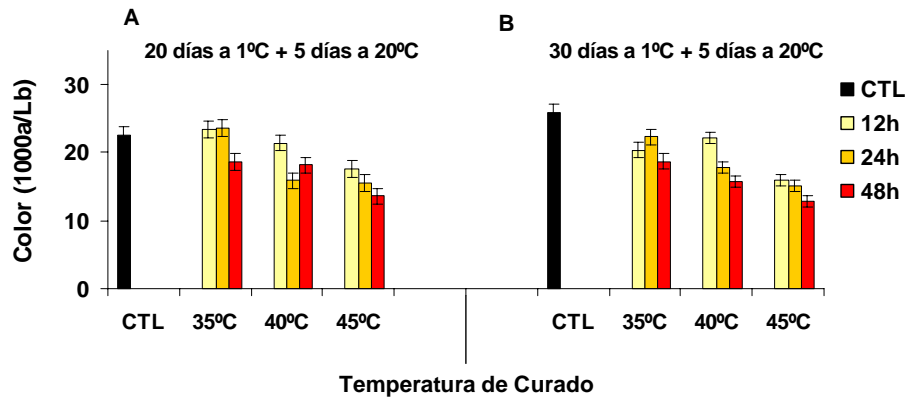


Figura IV.3.5.3. Efecto de la aplicación de diferentes tratamientos de Curado, temperatura (°C) y duración (h), sobre el Índice de Color (1000a/Lb) de caqui 'Rojo Brillante', tras 20 (A) y 30 (B) días de almacenamiento a 1°C más el posterior tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) y comercialización de 5 días a 20°C. Las barras verticales representan los intervalos LSD ($P=0.05$).

IV.3.5.4. Pérdida de Peso

La pérdida de peso no es generalmente un factor limitante en la conservación del caqui 'Rojo Brillante', debido a que su piel es capaz de retener y evitar pérdidas de agua y en el caso de que estas se den no son muy importantes (Arnal, 2003).

La pérdida de peso fue evaluada tras 30 días de conservación a 1°C más 5 días a 20°C (Tabla IV.3.5.1). En este momento, la fruta control presentaba un 2% de pérdida de peso; la aplicación de tratamientos de curado, resultó en un porcentaje de pérdida de peso superior al control para todas las temperaturas y tiempos de tratamiento ensayados. En general se observó, que a mayor temperatura de curado mayor fue la pérdida de peso, sin superar en ningún caso un 3.6%. Estos porcentajes de pérdida

peso pueden considerarse comercialmente aceptables, para periodos de conservación prolongados.

Tabla IV.3.5.1. Efecto de la aplicación de diferentes tratamientos de Curado, temperatura (°C) y duración (h), sobre la Pérdida de Peso (% p.i.) de caqui 'Rojo Brillante', tras 30 días de conservación a 1°C más el posterior tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) y comercialización de 5 días a 20°C. *Valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente al 5% (test LSD).*

PÉRDIDA DE PESO (% peso inicial)			
	12h	24h	48h
35°C	2.51b	2.55b	2.53b
40°C	3.01cd	2.66b	2.82bc
45°C	2.85bc	3.53e	3.28de
CTL	2.03a	2.03a	2.03a

IV.3.5.5. Astringencia

La astringencia de la fruta fue evaluada mediante la determinación del contenido de taninos solubles (TS), el índice de taninos (IT) y la producción de acetaldehído (ACH). Estas mediciones fueron completadas con el análisis organoléptico de la astringencia.

La fruta presentó en recolección un **contenido de TS** del 0.73%, siendo la fruta astringente y no apta para ser comercializada. Tras 20 y 30 días de almacenamiento a 1°C la fruta control presentó valores muy cercanos al de recolección (0.67 y 0.62% respectivamente); toda la fruta sometida a tratamientos de curado presentó un porcentaje de TS menor que el de la fruta control, entre 0.2 y 0.6% (datos no mostrados). El descenso de TS observado en fruta sometida a tratamientos de curado

ha sido asociado con la acumulación de CO₂ en el interior de las cabinas durante la aplicación del tratamiento; transcurridas 12h desde el cierre de las cabinas, la concentración de CO₂ en el interior de las mismas fue desde un 7.4% para el curado a 35°C hasta un 11% para el curado a 45°C. Sin embargo en ningún caso el descenso de TS observado tras la conservación a 1°C llegó a suponer una eliminación de la astringencia desde el punto de vista sensorial, siendo todos los frutos evaluados como astringente o medianamente astringente (datos no mostrados).

La aplicación del tratamiento de desastringencia tras 20 y 30 días de almacenamiento a 1°C provocó tanto en la fruta control como en la fruta sometida a tratamientos de curado una drástica reducción del contenido de TS, cayendo a valores por debajo de 0.03%, valores de no astringencia (Tabla IV.3.5.2). Esta disminución del contenido de TS indica que el tratamiento de desastringencia con elevadas concentraciones de CO₂ fue efectivo tras los diferentes periodos de conservación independientemente del tratamiento de curado recibido por la fruta.

El análisis del **índice de taninos** tras la aplicación del tratamiento de desastringencia trascurridos 20 y 30 días de conservación a 1°C resultó en todos los casos en valores de 1 (fruta no astringente), no siendo observadas diferencias entre la fruta control y fruta sometida a tratamientos de calor, mostrando así mismo la efectividad del tratamiento de desastringencia (datos no mostrados).

La evaluación sensorial de los frutos tras los correspondientes periodos de comercialización corroboró la total eficacia del tratamiento con altas concentraciones de CO₂, siendo toda la fruta evaluada como 1 (no astringente) independientemente del tratamiento de curado recibido (datos no mostrados).

Tabla IV.3.5.2. Contenido de Taninos Solubles (% p.f.) de frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos a tratamientos de Curado (temperatura (°C) y duración (h)) y conservados 20 ó 30 días a 1°C, tras la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C. Valores seguidos de la misma letra en cada período de conservación, no difieren significativamente al 5% (test LSD).

TANINOS SOLUBLES (%)						
	20 días a 1°C + 5 días a 20°C			30 días a 1°C + 5 días a 20°C		
	12 h	24 h	48 h	12 h	24 h	48 h
35°C	0.028ab	0.028ab	0.027ab	0.029bc	0.024abc	0.029c
40°C	0.027ab	0.030b	0.026ab	0.026abc	0.027bc	0.028c
45°C	0.026ab	0.025ab	0.026ab	0.025ab	0.023a	0.027bc
CTL	0.022a	0.022a	0.022a	0.027bc	0.027bc	0.027bc

Respecto a la **producción de acetaldehído (AcH)**, la fruta presentó en recolección una producción muy baja, 0.22 mg/100mL.

Tras 20 y 30 días de almacenamiento a 1°C la fruta control mantuvo valores ligeramente superiores a los de recolección, 0.25 - 0.27 mg/ 100mL. Fruta sometida a tratamientos de curado presentó en este momento valores superiores, en torno a 0.50 mg/100mL (datos no mostrados). Una mayor producción de la fruta sometida a tratamientos de curado respecto a la fruta control sería explicada por la acumulación de CO₂ en las cabinas durante la aplicación de dichos tratamientos. Una atmósfera enriquecida en CO₂ durante los tratamientos de calor provocaría la respiración anaerobia del fruto con la consecuente acumulación de AcH. Este incremento en la producción de AcH explicaría el menor contenido de taninos solubles presentado por la fruta que recibió los tratamientos de curado respecto a la fruta control tras la conservación a 1°C (datos no mostrados).

Cuando tras 20 y 30 días de conservación a 1°C fue aplicado el tratamiento de desastringencia con altas concentraciones de CO₂ y se simuló un periodo de comercialización de 5 días a 20°C, la producción de acetaldehído experimentó un notable incremento para todos los tratamientos ensayados, presentando en todos los casos valores en torno a 5 mg/100mL (Tabla IV.3.5.3). No se observaron diferencias importantes entre la fruta sometida a tratamientos de curado y la fruta control, ni entre las diferentes condiciones de curado ensayadas. Este importante incremento de la producción de Ach tras el tratamiento de desastringencia explica el descenso de los taninos solubles observado (Tabla IV.3.5.2), como consecuencia de la insolubilización de los mismos por unión con este acetaldehído y por lo tanto la eficacia del tratamiento para la eliminación de la astringencia.

Tabla IV.3.5.3. Producción de Acetaldehído (mg/100mL) de frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos a tratamientos de Curado (temperatura (°C) y duración (h)) y conservados 20 ó 30 días a 1°C, tras la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C. Valores seguidos de la misma letra en cada período de conservación, no difieren significativamente al 5% (test LSD).

ACETALDEHIDO (mg/ 100mL)						
	20 días a 1°C + 5 días a 20°C			30 días a 1°C + 5 días a 20°C		
	12 h	24 h	48 h	12 h	24 h	48 h
35°C	5.118bc	4.022a	4.188ab	4.664bcd	4.835bcd	4.309ab
40°C	4.832bc	5.289bc	5.013b	5.189d	4.766bcd	4.664bc
45°C	5.583c	4.873bc	4.034a	4.571bc	4.690bc	3.751a
CTL	4.736abc	4.736abc	4.736abc	5.019cd	5.019cd	5.019cd

IV.3.5.6. Sólidos Solubles Totales

La fruta presentó en recolección un contenido sólidos solubles totales (SST) de 18.18 °Brix. Tras 20 y 30 días de conservación a 1°C, se observó que mientras la fruta control presentaba valores muy cercanos al de recolección, 18.03 °Brix, aquella fruta que había recibido tratamiento de curado experimentó una disminución del contenido de SST presentando valores inferiores (datos no mostrados). Así por ejemplo, fruta tratada a 40°C y 45°C durante 12h presentó respectivamente tras 20 días de conservación un contenido de SST de 16.67 y 16.16 °Brix.

Cuando tras 20 y 30 días de conservación la fruta fue sometida al tratamiento de desastringencia con altas concentraciones de CO₂, la fruta control experimentó un descenso del contenido de SST, presentando valores inferiores a 16°Brix (Tabla IV.3.5.4). Fruta sometida a tratamientos de curado experimentó un ligero descenso del contenido de SST respecto al presentado tras la conservación, sin presentar diferencias con el control ni observarse diferencias destacables entre tratamientos. Esta disminución de SST tras el tratamiento de desastringencia es explicada por el hecho de que en la medición de los sólidos solubles totales se incluyen los taninos solubles causantes de la astringencia, los cuales se insolubilizan tras el tratamiento con CO₂ (Arnal y Del Río, 2003).

Estos resultados están de acuerdo con los reportados por Luo (2006), quien tras ensayar diferentes tratamientos de curado en el cv. 'Qiandaowuhe', no observó tras aplicar un tratamiento de desastringencia con etileno (12h) un efecto de los tratamientos de curado en el contenido final de SST.

Tabla IV.3.5.4. Contenido de Sólidos Soluble Totales (% p.f.) de frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos a tratamientos de Curado (temperatura (°C) y duración (h)) y conservados 20 o 30 días a 1°C, tras la posterior aplicación del tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) más comercialización de 5 días a 20°C. Valores seguidos de la misma letra en cada período de conservación, no difieren significativamente al 5% (test LSD).

SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (%)						
	20 días a 1°C + 5 días a 20°C			30 días a 1°C + 5 días a 20°C		
	12 h	24 h	48 h	12 h	24 h	48 h
35°C	17.70b	15.45a	16.52ab	15.60ab	16.60b	16.47ab
40°C	16.56ab	15.79a	16.24ab	16.31b	15.80ab	16.35b
45°C	16.25ab	15.48a	15.70a	15.34a	16.70b	15.90ab
CTL	15.25a	15.25a	15.25a	15.88abcd	15.88abcd	15.88abcd

IV.4. OBJETIVO 4. ESTUDIO DE LA APARICIÓN DE PARDEAMIENTO DURANTE LA MANIPULACIÓN POSTCOSECHA DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'; FACTORES IMPLICADOS Y CONTROL DE DICHA ALTERACIÓN.

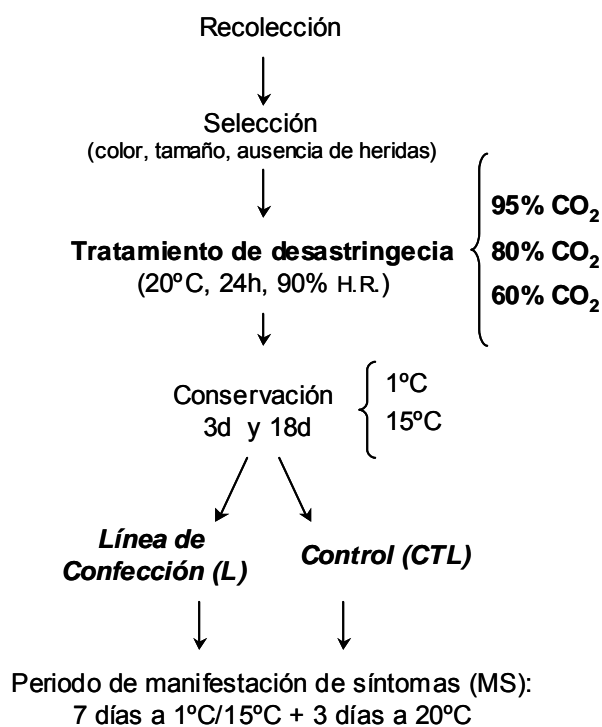
IV.4.1. EFECTO DE LA LÍNEA DE CONFECCIÓN Y CONDICIONES DEL TRATAMIENTO DE DESASTRINGENCIA EN EL PARDEAMIENTO DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'

IV.4.2. EFECTO DEL ATEMPERADO PREVIO A LA CONFECCIÓN EN EL PARDEAMIENTO DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'

IV.4.3.EFECTO DEL MOMENTO DE PASO POR LÍNEA DE CONFECCIÓN EN EL PARDEAMIENTO DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'

IV.4.1. EFECTO DE LA LÍNEA DE CONFECCIÓN Y CONDICIONES DEL TRATAMIENTO DE DESASTRINGENCIA EN EL PARDEAMIENTO DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'

A continuación se muestra, de acuerdo con el apartado III.1.4.1 presentado en el capítulo III. 'Material y Métodos', las diferentes condiciones del tratamiento de desastringencia aplicadas a frutos de caqui 'Rojo Brillante', previamente a ser sometido o no al paso por línea de confección, con la finalidad de estudiar el efecto de ambos factores en el pardeamiento de los frutos.



En la evaluación visual del **pardeamiento externo** de la fruta se observó que independientemente de la concentración de CO₂ aplicada y de la temperatura de conservación, únicamente aquella fruta sometida al paso por línea de confección presentó pardeamiento externo tras los distintos periodos de conservación (Fig. IV.4.1.1A y 1B) (Foto. IV.4.1.1).

Cuando la fruta fue pasada por línea de confección tras 3 días de conservación a 1°C ó 15°C (Fig. IV.4.1.1A y 1B), se observó presencia de pardeamiento externo en frutos correspondientes a todos los tratamientos de desastringencia ensayados. A ambas temperaturas la incidencia de pardeamiento fue menor en aquellos frutos tratados con concentraciones de CO₂ del 60%. Así, prácticamente la totalidad de los frutos sometidos a concentraciones de CO₂ del 80% y 90% presentaron pardeamiento externo a ambas temperaturas de conservación, mientras que la fruta sometida a un 60% de CO₂ presentó tras la conservación a 1°C pardeamiento en un 80% de los frutos y tras la conservación a 15°C en un 60%.

Cuando el paso por línea de confección fue realizado tras 18 días de conservación tanto a 1°C como a 15°C, frutos tratados con 60% de CO₂ no presentaron pardeamiento externo; la práctica totalidad de los frutos tratados con concentraciones superiores de CO₂ presentaron síntomas de dicha alteración.

Al igual que lo observado en el pardeamiento externo, los frutos que no fueron sometidos a paso por línea de confección no presentaron **pardeamiento interno** independientemente de la concentración de CO₂ aplicada en desastringencia y del tiempo de conservación a 1°C ó 15°C (Fig. IV.4.1.2A y 2B).

Fruta pasada por línea de confección tras 3 días de conservación a 1°C ó 15°C presentó pardeamiento interno en todos los tratamientos de desastringencia ensayados, sin embargo se observó una menor incidencia e intensidad de pardeamiento en fruta tratada con 60% de CO₂ (Foto. IV.4.1.2). Los tratamientos de desastringencia a 80% y 95% de CO₂, resultaron en la totalidad de los frutos pardeados a ambas temperaturas. La intensidad de pardeamiento de la fruta conservada a 15°C (Fig. IV.4.1.2B) fue ligeramente menor que la de la fruta conservada a 1°C (Fig. IV.4.1.2A), sin observarse diferencias entre los tratamientos a 80% y 95% de CO₂ para cada una de las temperaturas de conservación.

Cuando la fruta fue sometida a paso por línea de confección tras 18 días de conservación a 1°C (Fig. IV.4.1.2A) se observó, al igual que tras 3 días, que la menor incidencia de pardeamiento tras la confección correspondía a aquella fruta tratada con concentraciones de CO₂ del 60%. Sin embargo, cuando la fruta fue confeccionada tras

18 días de conservación a 15°C (Fig. IV.4.1.2B) se observó un 100% de frutos pardeados independientemente de la concentración de CO₂ ensayada.

Tras la evaluación del pardeamiento realizada, se llegó a la conclusión de que en este ensayo el pardeamiento externo observado en la fruta es una visualización a través de la piel del síntoma de pardeamiento interno de la pulpa.

La **evaluación sensorial** realizada tras periodos de conservación de 3 y 18 días a 1°C ó 15°C más el correspondiente periodo de manifestación de síntomas (7 días a 1°C ó 15°C más 3 días a 20°C), reveló que mientras la totalidad de fruta tratada al 80% y 95% de CO₂ fue valorada ausente de astringencia, en la fruta tratada al 60% de CO₂ un porcentaje de frutos (entre 9 y 13%) fue evaluado astringente (Tabla IV.4.1.1). Cabe mencionar que el porcentaje de frutos astringentes fue ligeramente menor durante la conservación a 15°C. No se observó un efecto del paso por línea de confección en la evaluación de la astringencia.

En cuanto al estudio de la **firmeza**, la fruta presentaba en el momento de recolección firmeza de 42N. La determinación de la firmeza se realizó tras periodos de conservación de 18 días a 1°C ó 15°C más el correspondiente periodo de manifestación de síntomas (7 días a 1°C ó 15°C más 3 días a 20°C).

Fruta conservada a 1°C, presentó en este momento un acusado ablandamiento respecto a la firmeza de recolección, mostrando valores que en ningún caso alcanzaron los 10N, límite de comercialización. Esta drástica pérdida firmeza refleja la susceptibilidad de esta variedad a las bajas temperaturas, que se manifiesta principalmente en un ablandamiento drástico cuando la fruta es transferida desde bajas temperaturas a temperaturas de comercialización. Este ablandamiento fue significativamente mayor en aquella fruta sometida al paso por línea de confección (Fig. IV.4.1.3A).

Cuando la firmeza fue medida tras la conservación a 15°C (Fig. IV.4.1.3B), la fruta presentó valores de firmeza en torno a 20N, lo que implica un importante ablandamiento respecto a los 42N de firmeza en recolección; no se observó efecto del paso por línea de confección, ni diferencias destacables de firmeza en función de la concentración de CO₂ aplicada.

La fruta presentó en el momento de recolección un **índice de color** (IC) de 9.96. Las determinaciones del color externo fueron realizadas tras periodos de conservación de 3 y 18 días a 1°C ó 15°C más el correspondiente periodo de manifestación de síntomas (7 días a 1°C ó 15°C más 3 días a 20°C).

Durante la conservación, como es de esperar, se produjo un incremento paulatino en el índice de color externo, alcanzando estos valores más elevados durante la conservación a 15°C (Fig. IV.4.1.4B) que a 1°C (Fig. IV.4.1.4A). Para ambas temperaturas y tiempos de conservación se observó que en general la fruta sometida al paso por línea de confección presentó un IC ligeramente superior a la fruta no confeccionada, lo que se relaciona con la presencia de pardeamiento externo presentada por la fruta confeccionada.

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede decir que el caqui 'Rojo Brillante' es muy susceptible a sufrir daños mecánicos; el factor decisivo en la aparición de pardeamiento parece ser el daño mecánico provocado por el paso por la línea de confección, ya que solo la fruta confeccionada presentó dicha alteración.

En la fruta que no fue sometida al paso por línea de confección la concentración de CO₂ en el tratamiento de desastringencia no se presentó por sí misma como factor que afecte a la aparición de pardeamiento en el caqui 'Rojo Brillante'. Sin embargo en la fruta confeccionada, aquellos frutos que debido a una falta de efectividad del tratamiento mantuvieron un cierto nivel de astringencia, frutos sometidos a concentraciones de CO₂ del 60%, fueron menos susceptibles al pardeamiento asociado a los daños mecánicos. Esto lleva a pensar en la posible implicación de los taninos insolubilizados en el proceso de pardeamiento.

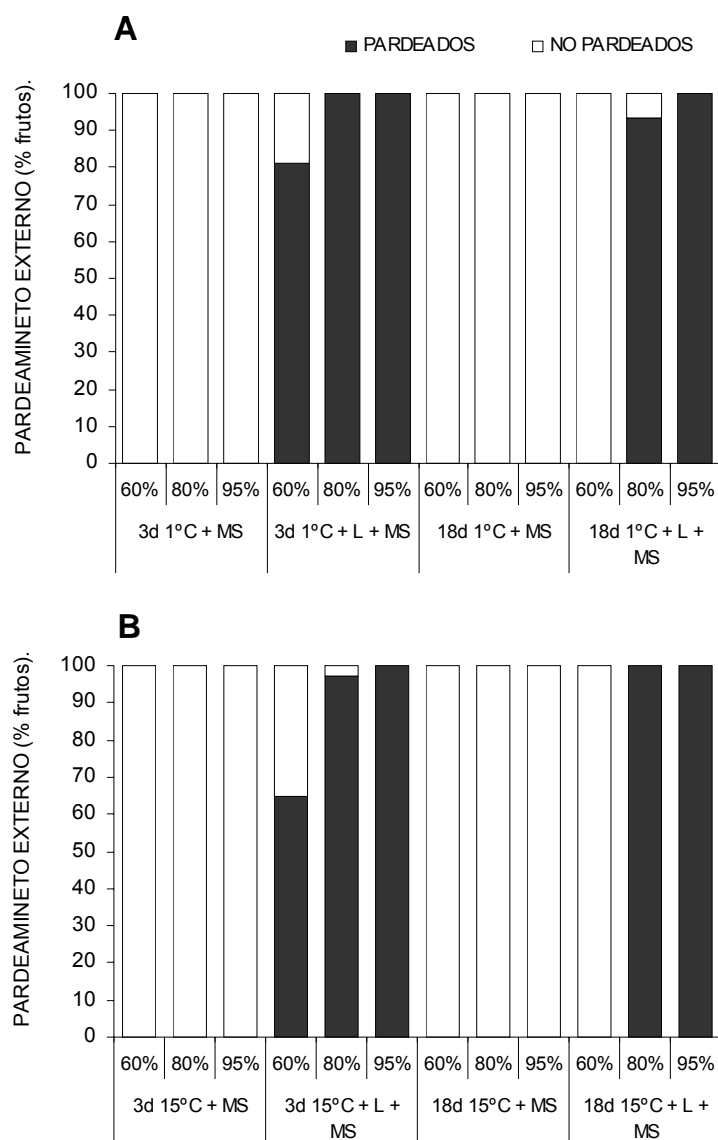
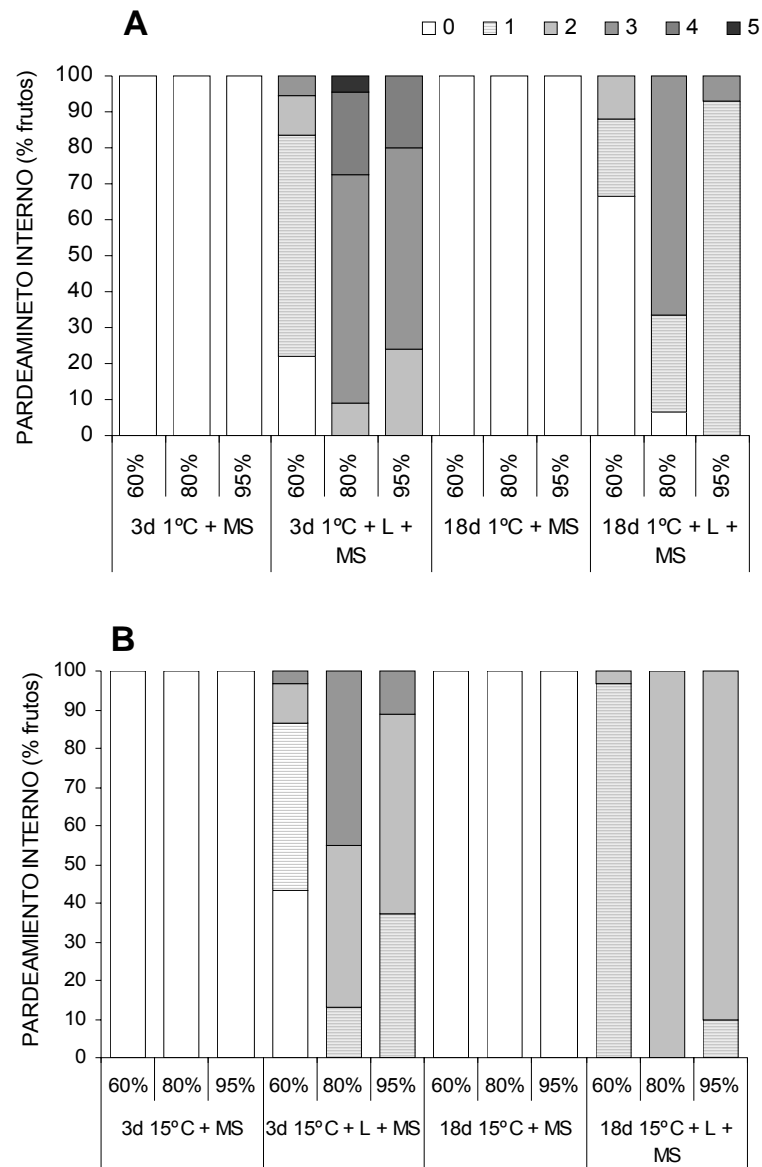
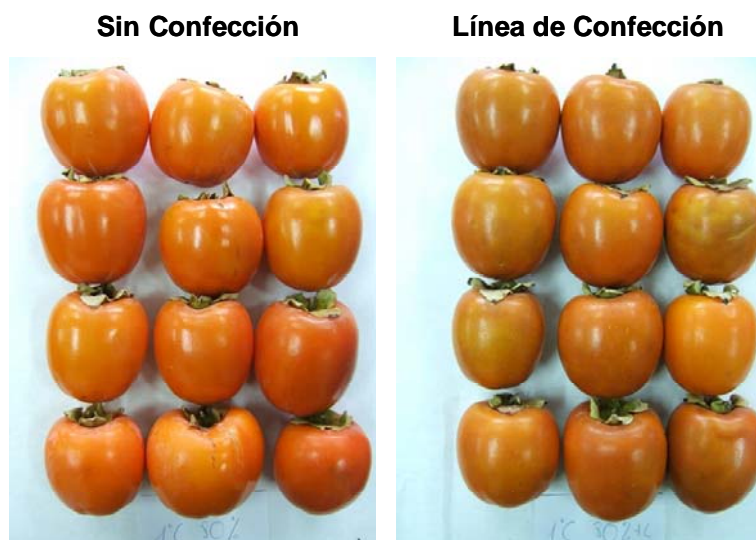


Figura IV.4.1.1. Incidencia de Pardeamiento Externo en frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos al tratamiento de desastringencia a diferentes concentraciones de CO₂ (60%, 80% y 95%), conservados a 1°C (A) ó 15°C (B) y sometidos al paso por línea de confección (L) o no, seguido de un periodo de manifestación de síntomas (MS) (7 días a 1°C/15°C + 3 días a 20°C).

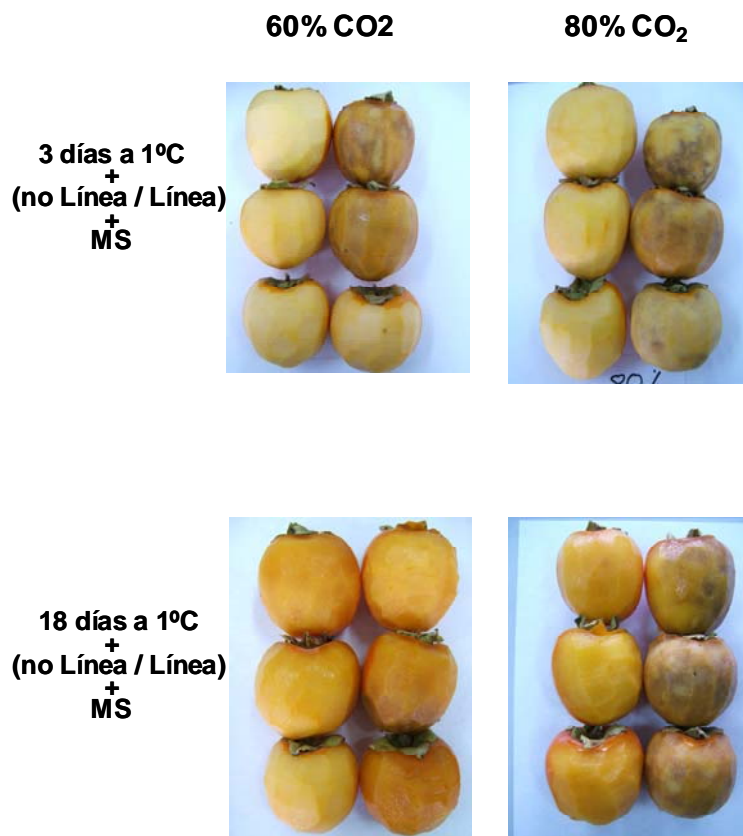


Intensidad de pardeamiento: 0-no pardeado a 5 intensamente pardeado

Figura IV.4.1. 2. Incidencia de Pardeamiento Interno en frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos al tratamiento de desastringencia a diferentes concentraciones de CO₂ (60%, 80% y 95%), conservados a 1°C (A) ó 15°C (B) y sometidos al paso por línea de confección (L) o no, seguido de un periodo de manifestación de síntomas (MS) (7 días a 1°C/15°C + 3 días a 20°C).



Fotografía IV.4.1.1. Aspecto externo de frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos al tratamiento de desastringencia a concentraciones de CO₂ del 80%, conservados durante 18 días a 1°C y sometidos al paso por línea de confección o no (según leyenda), seguido de un periodo de manifestación de síntomas (MS) (7 días a 1°C + 3 días a 20°C).



Fotografía IV.4.1.2. Aspecto interno de frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos al tratamiento de desastringencia a concentraciones de CO₂ del 60% y 80%, conservados durante 3 ó 18 días a 1°C y sometidos al paso por línea de confección o no (según leyenda), seguido de un periodo de manifestación de síntomas (MS) (7 días a 1°C/15°C + 3 días a 20°C).

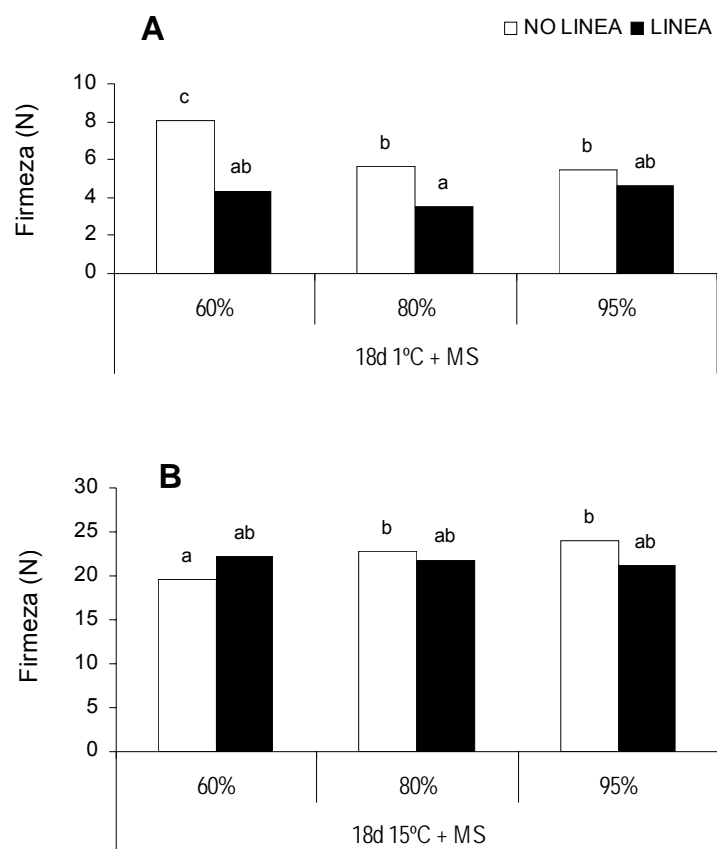


Figura IV.4.1.3. Firmeza (N) de frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos al tratamiento de desastringencia a diferentes concentraciones de CO₂ (60%, 80% y 95%), conservados durante 18 días a 1°C (A) ó 15°C (B) y sometidos al paso por línea de confección o no (según leyenda), seguido de un periodo de manifestación de síntomas (MS) (7 días a 1°C/15°C + 3 días a 20°C).

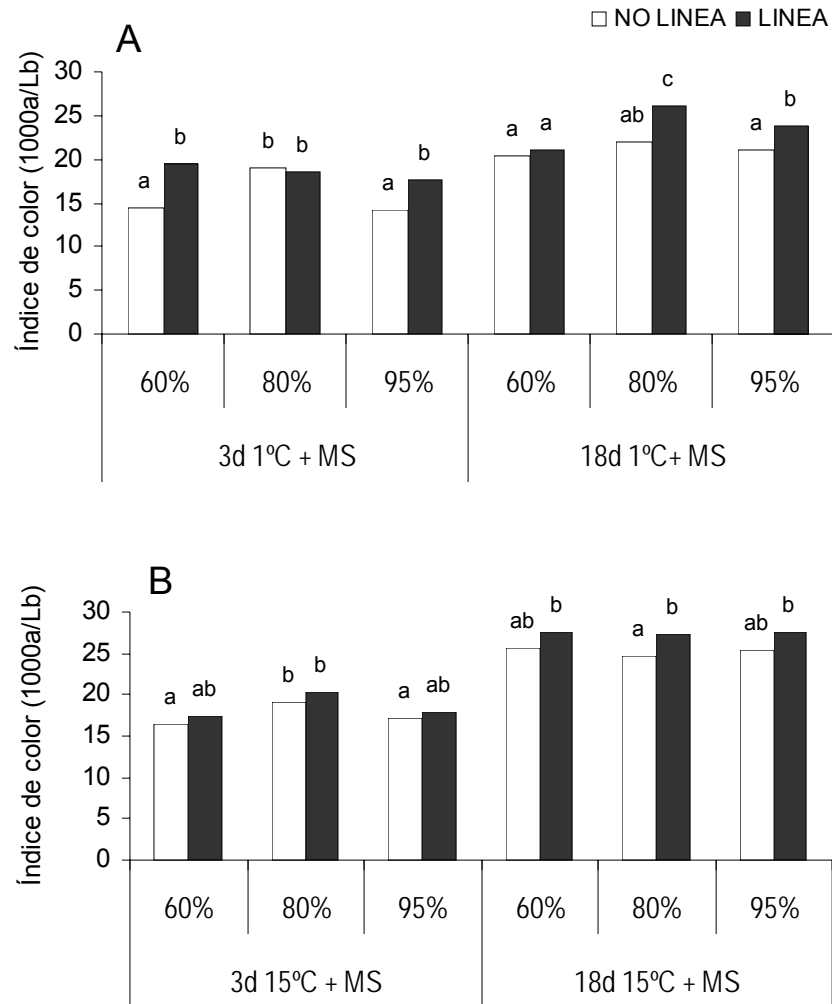


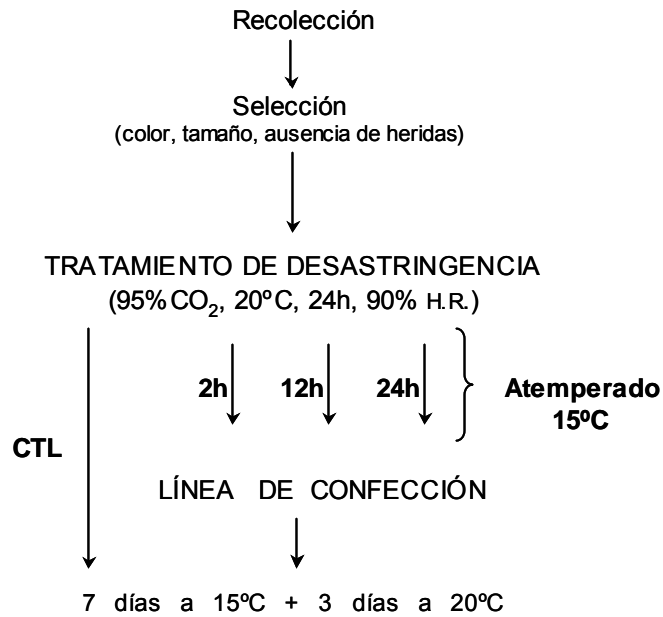
Figura IV.4.1.4. Índice de color externo (1000a/Lb) de frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos al tratamiento de desastringencia a diferentes concentraciones de CO₂ (60%, 80% y 95%), conservados a 1°C (A) ó 15°C (B) y sometidos al paso por línea de confección o no (según leyenda), seguido de un periodo de manifestación de síntomas (MS) (7 días a 1°C/15°C + 3 días a 20°C).

Tabla IV.4.1.1. Porcentaje de frutos de caqui 'Rojo Brillante' evaluados astringentes tras recibir el tratamiento de desastringencia a diferentes concentraciones de CO₂ (60%, 80% y 95%), ser conservados a 1°C (A) ó 15°C (B) y sometidos a paso por línea de confección, seguido de un periodo de manifestación de síntomas (MS) (7 días a 1°C/15°C + 3 días a 20°C).

EVALUACIÓN SENSORIAL			
	%CO ₂	% frutos astringentes	
		1°C	15°C
3días+ MS	60%	11	9
	80%	0	0
	95%	0	0
18días+ MS	60%	13	10
	80%	0	0
	95%	0	0

IV.4.2. EFECTO DEL ATEMPERADO PREVIO A LA CONFECCIÓN EN EL PARDEAMIENTO DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'

A continuación se muestra, de acuerdo con el apartado III.1.4.2 presentado en el capítulo III. 'Material y Métodos', las diferentes duraciones de atemperado ensayadas tras la aplicación del tratamiento de desastringencia a frutos de caqui 'Rojo Brillante', previamente al paso por línea de confección, con la finalidad de estudiar su efecto en el pardeamiento de los frutos.



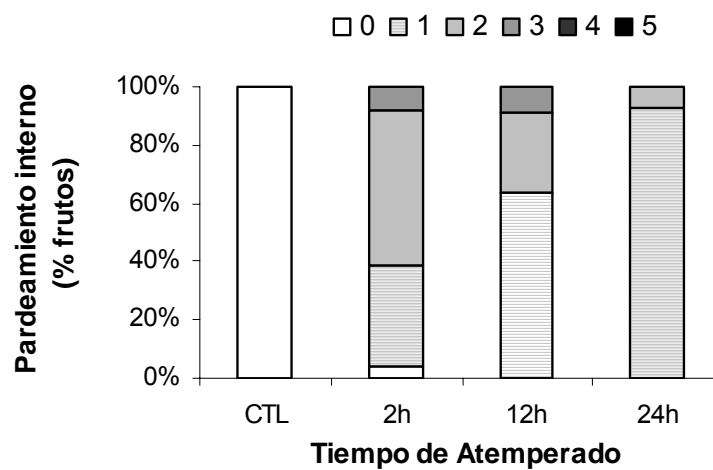
La evaluación del **pardeamiento interno** fue realizada transcurridos 7 días a 15°C más 3 días a 20°C tras el paso de la fruta por línea de confección. En dicha evaluación la fruta control, no sometida al paso por línea de confección, no presentó pardeamiento, sin embargo toda la fruta pasada por línea de confección presentó pardeamiento interno (Fig. IV.4.2.1). La intensidad de este pardeamiento fue menor cuanto mayor fue el tiempo de atemperado entre el tratamiento de desastringencia con altas concentraciones de CO₂ y el paso por línea de confección. Así, fruta atemperada durante 24h presentó pardeamiento muy ligero (intensidad 1) en el 90% de los frutos, mientras que fruta atemperada por 2h presentó un 60% de los frutos con pardeamiento de mayor intensidad (intensidad 2 y 3) (Foto. IV.4.2.1).

Respecto al estudio de la **firmeza**, la fruta presentó tras recibir el tratamiento de desastringencia, y ser conservada 7 días a 15°C más 3 días a 20°C, un considerable ablandamiento respecto a la firmeza en recolección (41.8N) (Fig. IV.4.2.2A). Fruta atemperada durante 2 y 12 horas antes de ser pasada por línea de confección mostró valores de firmeza estadísticamente menores (15N) que los frutos atemperados durante 24 horas, los cuales presentaron valores de 23N similares a los presentados por la fruta no sometida a la línea de confección (control).

Tras el ensayo realizado, el **índice de color** de los frutos aumentó respecto a los valores de recolección (9.96). El incremento de color de la fruta sometida al paso por línea de confección trascurridas 24 horas desde la aplicación del tratamiento de desastringencia fue similar al mostrado por la fruta control (Fig. IV.4.2.2B); los frutos que fueron atemperados durante 2 y 12 horas previamente al paso por línea de confección mostraron un incremento significativamente mayor.

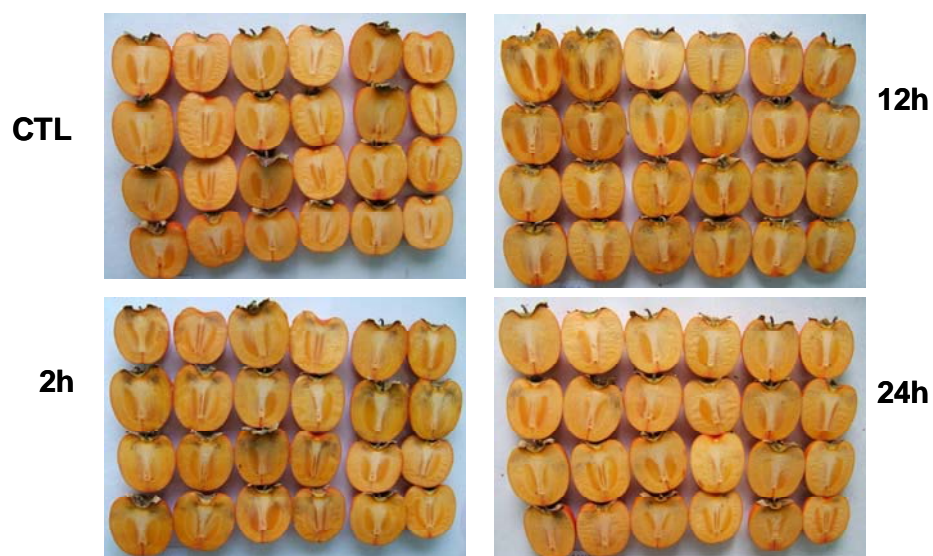
En otras experiencias realizadas en caqui 'Rojo Brillante' se ha visto que existe una estrecha relación entre firmeza y color, de forma que incrementos de color corresponden a una reducción en firmeza (Salvador et al., 2006b). En la presente experiencia, los tratamientos atemperados durante 2 y 12 horas, de menor firmeza, presentaron el índice de color más elevado. Este mayor índice de color estaría también relacionado con la mayor incidencia de pardeamiento interno, ya que ciertas intensidades de pardeamiento interno llegaron a hacerse visibles externamente.

En base a los resultados que se acaban de presentar, se puede decir que el retraso en la confección de la fruta tras el tratamiento de desastringencia podría resultar positivo para mermar el pardeamiento que presenta el fruto tras sufrir daños mecánicos durante su paso por línea de confección.



Intensidad de pardeamiento: 0-no pardeado a 5 intensamente pardeado

Figura IV.4.2.1. Incidencia (%) de pardeamiento interno en frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos al tratamiento de desastringencia (95% CO₂, 20°C ,24h), seguido de un atemperado (2h, 12h, 24h a 15°C) previo al paso por línea de confección más un periodo posterior de 7 días a 15°C más 3 días a 20°C. Fruta control no fue sometida a paso por línea de confección.



Fotografía IV.4.2.1. Pardeamiento interno de frutos de caqui 'Rojo Brillante' atemperados 2h, 12h, 24h a 15°C entre el tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) y el paso por línea de confección más un periodo posterior de 7 días a 15°C más 3 días a 20°C. Fruta control no fue sometida a paso por línea de confección.

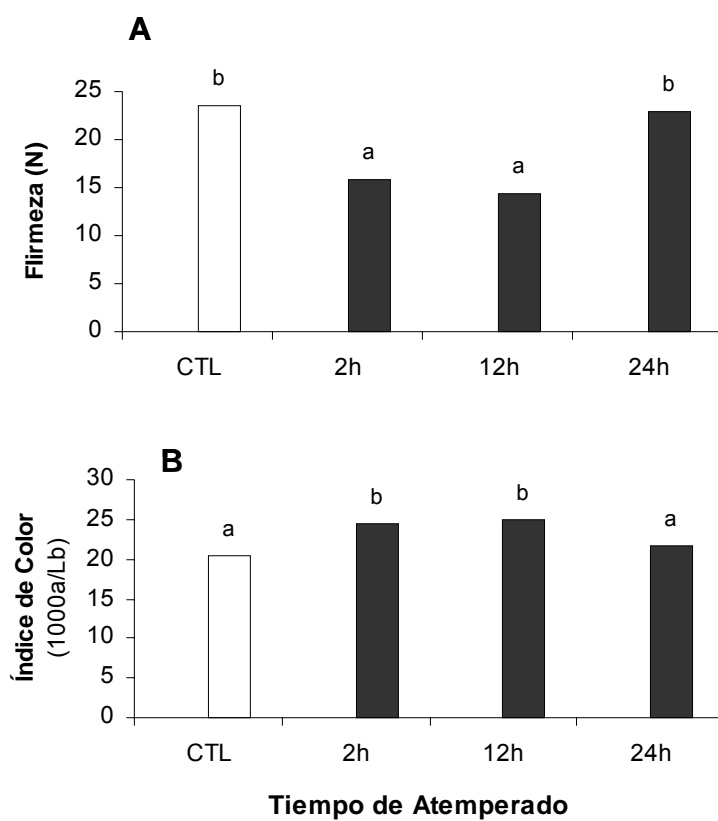
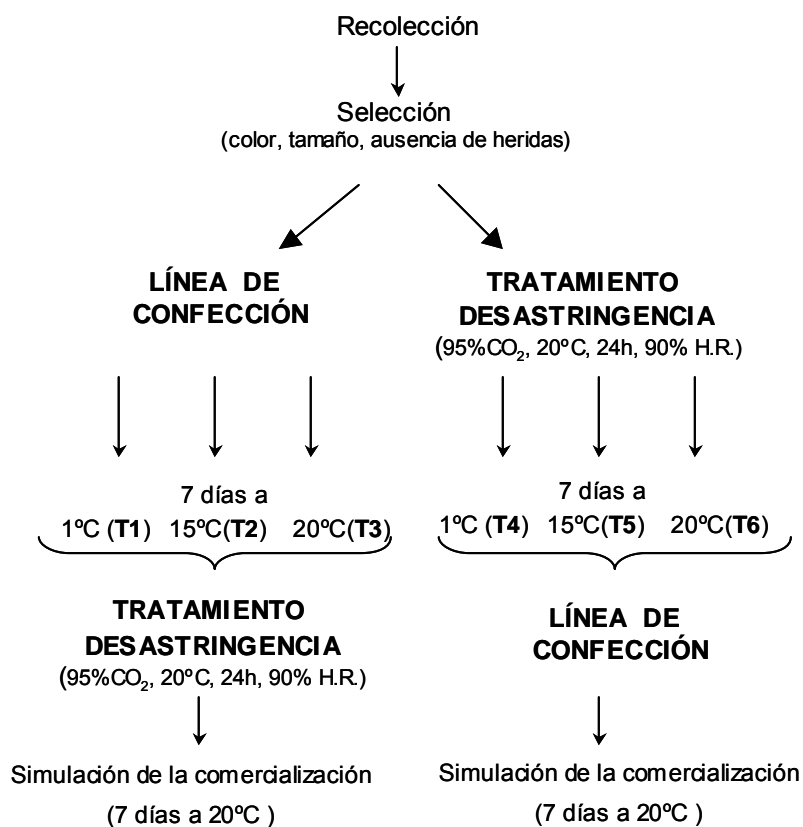


Figura IV.4.2.2. Efecto del atemperado (2h, 12h, 24h a 15°C) entre el tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) y el paso por línea de confección, en la Firmeza (A) e Índice de Color externo (B) de caqui 'Rojo Brillante' tras un periodo posterior de 7 días a 15°C más 3 días a 20°C. Fruta control no fue sometida a paso por línea de confección. Valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente al 5% (test LSD).

IV.4.3. EFECTO DEL MOMENTO DE PASO POR LÍNEA DE CONFECCIÓN EN EL PARDEAMIENTO DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'

A continuación se muestra, de acuerdo con el apartado III.1.4.3 presentado en el capítulo III. 'Material y Métodos', los diferentes momentos de paso por línea de confección y temperaturas de almacenamiento ensayadas con la finalidad de estudiar su efecto sobre el pardeamiento de los frutos.



La evaluación del **pardeamiento** externo mostró que fruta confeccionada previamente a la aplicación del tratamiento de desastringencia (T1, T2, T3) presentó pardeamiento externo tras 7 días a 20°C. Esta alteración, se manifestó como zonas de la piel con síntomas de abrasión y rozaduras, no como una visualización del pardeamiento interno tal como se había observado en el ensayo anterior. De hecho un examen interno de la fruta no reveló pardeamiento de la pulpa (Foto. IV.4.3.1).

Fruta pasada por línea de confección tras el tratamiento de desastringencia (T4, T5, T6) presentó pardeamiento tanto externo como interno en el 100% de los frutos. No fueron observadas diferencias en cuanto a incidencia y severidad de pardeamiento entre los tratamientos T4 y T5, fruta almacenada a 1° y 15°C respectivamente tras el tratamiento de desastringencia, con valores de intensidad de pardeamiento de 1, ligeramente pardeado. Sin embargo fruta almacenada a 20°C (T6) mostró una intensidad de pardeamiento ligeramente mayor, con valores de 2 - 3. El pardeamiento externo en este caso no solo consistió en abrasión y rozaduras de la piel, si no que pardeamientos internos muy intensos llegaron a hacerse visibles externamente. (Foto. IV.4.3.2 y Foto. IV.4.3.3)

Respecto al estudio de la **firmeza**, la fruta presentó en recolección un valor de 41.8N. Fruta sometida a paso por línea de confección, almacenada a 1°C, 15°C ó 20°C (T1, T2, T3) y posteriormente sometida al tratamiento de desastringencia, presentó tras simular la comercialización importantes diferencias de firmeza en función de la temperatura de almacenamiento. Fruta almacenada a 1°C (T1) y 15°C (T2) presentó valores de firmeza de 30N y 20N respectivamente, mientras que la fruta almacenada a 20°C (T3) sufrió un ablandamiento mucho más acusado, presentando firmezas no comerciales (Fig. IV.4.3.1A).

Un comportamiento diferente fue observado en la fruta pasada por línea de confección tras el tratamiento de desastringencia (T4, T5, T6), la cual para todas las temperaturas de almacenamiento ensayadas presentó tras 7 días a 20°C valores de firmeza no comerciales; también en este caso fue la fruta almacenada a 20°C la que presentó el mayor grado de ablandamiento.

Toda la fruta experimentó tras el periodo de comercialización de 7 días a 20°C, un incremento en la **coloración externa** del fruto respecto a un índice de color en recolección de 15.96.

Fruta confeccionada y almacenada a 1°C y 15°C (T1 y T2) previamente a la eliminación de la astringencia no presentó diferencias de color entre sí, siendo la coloración ligeramente más alta en fruta almacenada a 20°C (T3) (Fig. IV.4.3.1B). Sin

embargo, cuando la aplicación del tratamiento de desastringencia fue llevada a cabo antes del almacenamiento y paso por línea de confección, fue la fruta almacenada a 1°C (T4) la que presentó el menor índice de color, sin observarse diferencias entre fruta almacenada a 15°C y 20°C (T5 y T6) (Fig. IV.4.3.1B).

Si comparamos el índice de color en función del momento de paso por línea de confección podemos observar como fruta confeccionada tras haber recibido el tratamiento de desastringencia resultó en una coloración ligeramente más avanzada que fruta confeccionada antes de la desastringencia. Esto se relacionó con una mayor presencia de pardeamiento externo en fruta confeccionada tras haber recibido el tratamiento de CO₂.

De acuerdo a los resultados obtenidos, los frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos al tratamiento de desastringencia son más susceptibles a manifestar pardeamiento interno provocado por daños mecánicos de la línea de confección que aquellos frutos que son confeccionados sin la eliminación previa de la astringencia, aunque estos últimos pueden mostrar daños mecánicos en la piel tales como abrasión y rozaduras.

Esto corrobora la hipótesis, planteada en el ensayo anterior, de la implicación de los taninos insolubilizados en el proceso de pardeamiento. Sin embargo, hasta el momento no se conoce el mecanismo por el que este pardeamiento tiene lugar.

Además de una menor susceptibilidad al pardeamiento, la confección de los frutos previamente a la eliminación de la astringencia resultó en un menor ablandamiento en el periodo de comercialización.

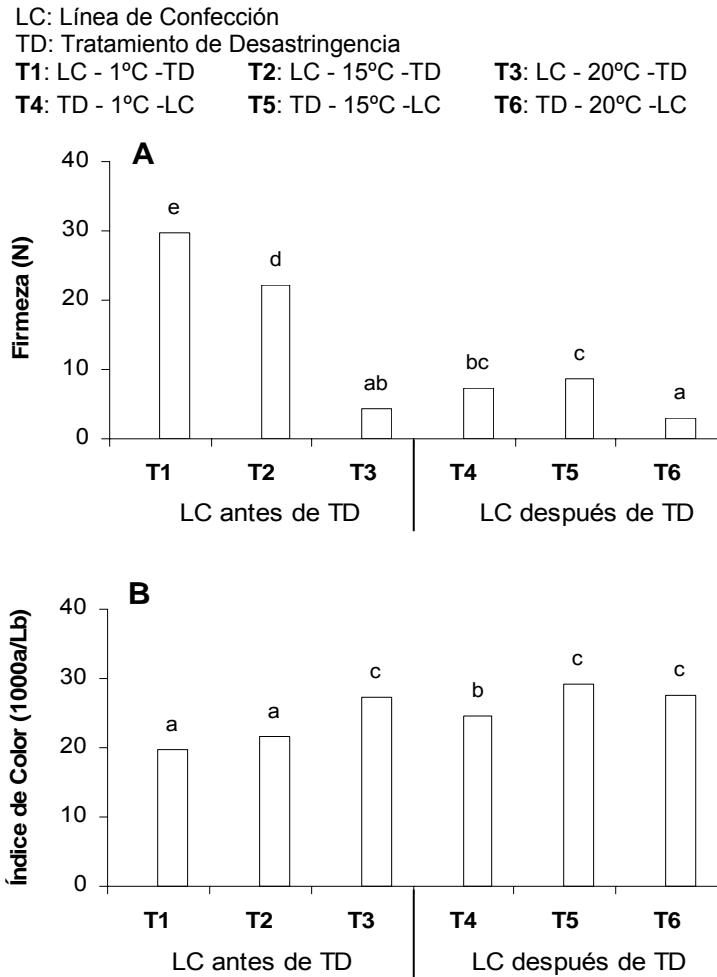
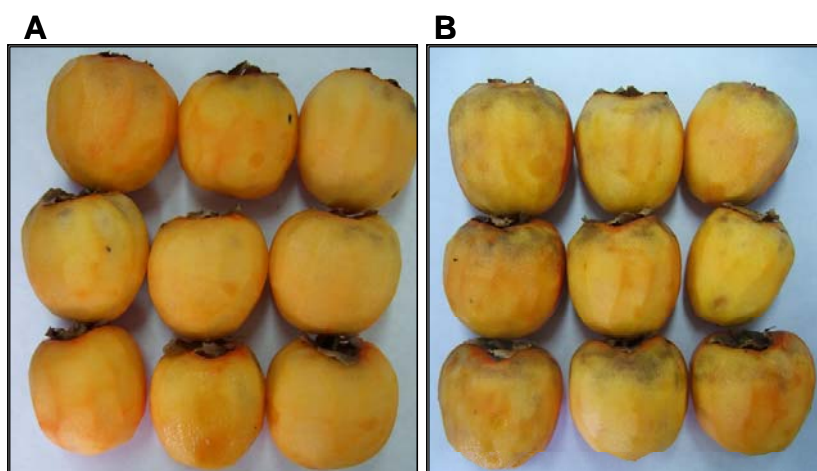


Figura IV.4.3.1. Efecto del momento de paso por línea de confección (LC), antes o después del tratamiento de desastringencia (TD) y efecto de la temperatura de almacenamiento de 7 días entre LC y TD, sobre la Firmeza (N) e Índice de Color externo (1000a/Lb) de frutos de caqui 'Rojo Brillante'. Medidas realizadas tras la simulación de la comercialización de 7 días a 20°C. Valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente al 5% (test LSD).

IV. Resultados y Discusión



Fotografía IV.4.3.1. Síntoma de Pardeamiento Externo, manifestado como abrasión y rozaduras de la piel, presentado por frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos a paso por línea de confección previamente a recibir el tratamiento de desastringencia ($95\%CO_2$, $20^\circ C$, 24h) .



Fotografía IV.4.3.2. Aspecto interno presentado por frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos a la línea de confección antes (A) o después (B) del tratamiento de desastringencia ($95\%CO_2$, $20^\circ C$, 24h).



Fotografía IV.4.3.3. Detalle del pardeamiento interno presentado por frutos de caqui 'Rojo Brillante' sometidos al tratamiento de desastringencia (95%CO₂, 20°C, 24h) y posteriormente al paso por línea de confección.

V. CONCLUSIONES

V.1. OBJETIVO 1. ESTUDIO DE LOS CAMBIOS FISIOLÓGICOS Y MICROESTRUCTURALES DURANTE LA MADURACIÓN Y DESASTRINGENCIA DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'.

- Se ha establecido la relación entre los cambios de color y los cambios fisicoquímicos que tienen lugar durante la maduración del caqui 'Rojo Brillante', siendo caracterizados seis estados de madurez comercial. Los cambios de color característicos de la maduración de esta variedad, se han relacionado con un descenso de la firmeza y del contenido de taninos solubles responsables de la astringencia. La fruta presentó un máximo de producción de etileno en los estados de madurez intermedios, coincidiendo con una mayor actividad de la enzima pectinmetilesterasa y un posterior incremento de la producción de CO₂, mostrando el carácter climatérico de este fruto.
- La pérdida de firmeza que tiene lugar durante la maduración quedó reflejada a nivel microestructural, observándose una progresiva degradación celular, especialmente a nivel de las membranas, que en los estados más avanzados resultó en una pérdida de adhesión entre células contiguas.
- La unión de los taninos solubles con el acetaldehído que tiene lugar durante el tratamiento de desastringencia con altas concentraciones de CO₂, con la consecuente insolubilización de los taninos y pérdida de astringencia, quedó reflejada a nivel microestructural por la aparición de material insoluble en el interior de vacuolas de células tánicas.

V.2. OBJETIVO 2. OPTIMIZACIÓN DEL TRATAMIENTO DE DESASTRINGENCIA DEL CAQUI 'ROJO BRILLANTE' EN FUNCIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ DEL FRUTO Y DE LAS CONDICIONES DE MANIPULACIÓN.

- El estado de madurez del caqui 'Rojo Brillante' influyó de manera importante en la efectividad del tratamiento de desastringencia con altas concentraciones de CO₂; fruta de principio de campaña (Octubre) y final de campaña (Diciembre) mostró una mayor dificultad para la completa eliminación de la astringencia que aquella fruta recolectada a mitad de campaña (Noviembre).
- Para asegurar durante toda la campaña una completa desastringencia fueron requeridas concentraciones de CO₂ del 95%. El mantenimiento de temperaturas superiores a 12°C durante la aplicación del tratamiento fue necesario para asegurar la efectividad del mismo, especialmente en aquellos estados de madurez que presentaron mayores dificultades para su correcta desastringencia, fruta de principio y final de campaña.
- Condiciones del tratamiento de desastringencia de 95% CO₂, 20°C, 24h (condiciones estándar) deben considerarse las óptimas para una aplicación efectiva. En fruta recolectada a mitad de campaña estas resultaron eficaces desde el primer día tras su aplicación, para los estados de madurez correspondientes a principio y final de campaña, fue necesario un periodo mínimo de dos días posterior al tratamiento para asegurar la total eliminación de la astringencia.
- Además del estado de madurez del fruto y de las condiciones intrínsecas del tratamiento de desastringencia, la efectividad del mismo parece verse afectada por factores precosecha.
- En la conservación a 15°C del caqui 'Rojo Brillante' se recomienda que la eliminación de la astringencia se lleve a cabo previamente al almacenamiento, ya que se ha observado una pérdida de eficacia del tratamiento (95% CO₂, 20°C, 24h) cuando este es aplicado a fruta previamente almacenada a 15°C. Este hecho fue explicado por la degradación gradual de la estructura celular de la pulpa del fruto que tiene lugar durante la conservación a dicha temperatura; los espacios intercelulares son ocupados por material celular y la difusión del CO₂ se ve dificultada, resultando en una menor acumulación de acetaldehído y en un menor descenso de los taninos solubles, responsables del carácter astringente del fruto.

V.3. OBJETIVO 3. ESTUDIO DE TRATAMIENTOS PRECOSECHA Y POSTCOSECHA PARA CONTROLAR LOS SÍNTOMAS DE DAÑO POR FRÍO Y PROLONGAR LA CONSERVACIÓN DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'.

- El uso de una atmósfera de conservación, basada en 95-97% N₂ + aire, permitió prolongar el almacenamiento de la fruta a 15°C hasta 30 días, observándose una pérdida gradual de astringencia que permitiría comercializar la fruta sin necesidad de ser sometida al tratamiento de desastringencia.
- El uso combinado de aplicaciones de ácido giberélico (GA3) en precosecha con el tratamiento de 1-metilclopreno (1-MCP) en postcosecha, retrasó la aparición de los síntomas de daño por frío, permitiendo el almacenamiento de la fruta a 1°C con calidad comercial durante 80 días, superando ampliamente el periodo máximo de almacenamiento hasta el momento conseguido con la aplicación única de 1-MCP (máximo 40 días). La combinación de ambos tratamientos también permitió mantener firmezas más elevadas durante la conservación a 15°C respecto a la aplicación de uno solo de los tratamientos. La aplicación de nitrato cálcico en precosecha no tuvo un efecto positivo durante el almacenamiento de la fruta a 1°C ó 15°C.
- La reducción de los síntomas de daño por frío en caqui 'Rojo Brillante' mediante la aplicación de 1-MCP previamente a su conservación a 1°C, fue explicada a nivel microestructural. El 1-MCP reduce la degradación de las paredes celulares y la pérdida de adhesión entre células vecinas, inhibiendo por lo tanto la acción de enzimas degradativas de la pared celular implicadas en el daño por frío.
- El efecto de la aplicación de baños de agua caliente, previamente a la conservación a 1°C de caqui 'Rojo Brillante' para el control del daño por frío, dependió en gran medida del estado de madurez del fruto. Fruta recolectada a principio de campaña presentó una respuesta positiva a temperaturas de 45°C (5 - 30 min) y 50°C (2.5 - 30 min); dichos tratamientos controlaron el ablandamiento del fruto, principal síntoma de daño por frío. En fruta recolectada a mitad y final de campaña dichos tratamientos provocaron daños por calor, aumentando la severidad de estos con el tiempo y temperatura de tratamiento.
- La aplicación de tratamientos de curado previamente a la conservación frigorífica de caqui 'Rojo Brillante' no se presentó como una alternativa para el control de los daños por frío en esta variedad, ya que todas las combinaciones temperatura-

V. Conclusiones

tiempo de curado ensayadas causaron alteraciones por calor, siendo este daño más importante cuanto mayor fue la temperatura y tiempo de aplicación.

V.4. OBJETIVO 4. ESTUDIO DE LA APARICIÓN DE PARDEAMIENTO DURANTE LA MANIPULACIÓN POSTCOSECHA DE CAQUI 'ROJO BRILLANTE'; FACTORES IMPLICADOS Y CONTROL DE DICHA ALTERACIÓN.

- Un factor decisivo en la aparición de pardeamiento en este cultivar parece ser el daño mecánico provocado por el paso por la línea de confección, ya que solo fruta confeccionada presentó dicha alteración.
- Un atemperado a 15°C durante 24h tras el tratamiento de desastringencia y previo al paso por línea de confección redujo el índice de pardeamiento.
- La confección de la fruta previamente a la aplicación del tratamiento de desastringencia podría prevenir la aparición de pardeamiento durante su posterior almacenamiento y comercialización. El paso por línea de confección de fruta no astringente resultó en un importante pardeamiento interno, mientras que este no se manifestó en fruta astringente. Así, parece que los taninos insolubles juegan un papel muy importante en el proceso de pardeamiento.

VI. BIBLIOGRAFÍA

ASTM. 1995. Standard definitions of terms relating to sensory evaluation of materials and products. Annual book of ASTM standards. American Society for Testing and Materials. Philadelphia.

Abeles, F.B., 1992. Fruit ripening, abscission, and postharvest disorders. En: Ethylene in Plant Biology. Eds. Abeles, F.B., Morgan, P.W., Saltveit Jr., M.E. Academic Press, San Diego, p.182-221.

Agustí, M., Juan, M., Yagüe, B., Mesejo, C., Martínez-Fuentes, A., Almela, V., 2003. Tratamientos para retrasar la maduración del fruto del caqui (*Dyospiros kaki* L.). Comunidad Valenciana Agraria 24, 27-33.

Agustí, M., Juan, M., Martínez-Fuentes, A., Mesejo, C., Almela, V., 2004. Calcium nitrate delays climacteric of persimmon fruit. Annals of Applied Biology 144, 65-69.

Ali, Z.M., Chin, L.H., Marimuthu, M., Lazan, H. 2004. Low temperature storage and modified atmosphere packaging of carambola fruit and their effects on ripening related texture changes, wall modification and chilling injury symptoms. Postharvest Biology and Technology 33 (2), 181-192.

Andrews, J. 1995. The climacteric respiration rise in attached and detached fruit. Postharvest Biology and Technology 6, 287-289.

Antoniolli, L.R., De Camargo, P.R., Kluge, R.A., Scarpore, J.A. 2003. Utilização de embalagem de polietileno na conservação de caquis 'Giombo' durante o armazenamento refrigerado. Revista Brasileira de Fruticultura 25(1), 77-80.

Arnal, L. 2001. La Ribera del Xúquer, un lugar privilegiado. Valencia Fruits 2.031, 14.

Arnal, L. 2003. Estudios para la conservación y el manejo en postcosecha del caqui. Tesis doctoral. Departamento de Tecnología de los Alimentos. Unidad Politécnica de Valencia. Valencia. Spain. 203pp

VI. Bibliografía

- Arnal, L., Del Río, M.A. 2003. Removing astringency by carbon dioxide and nitrogen-enriched atmospheres in persimmon fruit cv. 'Rojo brillante'. *Journal of Food Science* 68 (4), 1516-1518.
- Arnal, L., Del Río, M.A. 2004. Effect of cold storage and removal astringency on quality of persimmon fruit (*Diospyros kaki*, L.) cv. 'Rojo Brillante'. *Food Science and Technology International* 10 (3), 179-185.
- Arnal, L., Salvador, A., Monterde, A., Cuquerella, J. 2005. Alteraciones en caqui "Rojo brillante" provocadas por las bajas temperaturas. V Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas. IV Congreso Iberoamericano de Ciencias Hortícolas. Oporto. Portugal.
- Artés, F., Artés-Hernández, F. 2003. Daños por frío en la postrecolección de frutas y hortalizas. En: *Avances en ciencias y técnicas del Frío-1*. Eds. López, A., Esnoz, A., y Artés, F (). UPCT y SECYTEF, p. 299-310.
- Artés, F., Cano, A., Fernandez-Trujillo, J. P. 1996. Pectolytic enzyme activity during intermittent warming storage of peaches. *Journal of Food Science* 61(2), 311-313, 321
- Badenes, M.L., Garcés, C., Romero, C., Romero, M., Clave, J., Rovira, M., Llácer, G. 2002. Genetic diversity of persimmon accessions introduced and surveyed in Spain. *Journal Options Méditerranéennes, First Mediterranean Symposium on Persimmon*, Serie A 51, 71-74.
- Badenes, M., Garcés, A., Romero, C., Romero, M., Clavé, J., Rovira, M., Llácer, G. 2003. Genetic diversity of introduced and local Spanish persimmon cultivars revealed by RAPD markers. *Genetic Resources and Crop Evolution* 50, 579-585.
- Bellini, E. 1982. Il kaki: Cultivar. Ed. Collana frutticoltura '80. REDA. Rome.
- Ben-Arie R, Zutkhi Y, Sonogo L, Klein J. 1991. Modified atmosphere packaging for long-term storage of astringent persimmons. *Postharvest Biology and Technology* 1, 169-179.
- Ben-Arie, R., Sonogo, L. 1993. Temperature affects astringency removal and recurrence in persimmon. *Journal of Food Science* 58 (6), 1397-1400.

- Ben-Arie, R., Saks, Y., Sonego, L., Frank, A., 1996. Cell wall metabolism in gibberellin treated persimmon fruits. *Plant Growth Regulation* 19, 25-33.
- Ben-Arie, R., Zhou, H.W., Sonego, L., Zutkhi, Y., 1997. Plant growth regulator effects on the storage and shelf-life 'Triumph' persimmons. *Acta Horticulturae* 436, 243-250.
- Biale, J. B. 1964. Growth, maturation, and senescence in fruits. *Science* 146, 880-888.
- Bibi, N., Khattak, A.B., Mehmood, Z. 2007. Quality improvement and shelf life extension of persimmon fruit (*Diospyros kaki*). *Journal of Food Engineering* 79, 1359-1363.
- Bonghi, C., Pagni, S., Vidrih, R., Ramina, A., Tonutti, P., 1996. Cell wall hydrolases and amylase in kiwifruit softening. *Postharvest Biology and Technology* 9, 19-29.
- Brackmann, A., Sfeffens, C.A., Mazaro, S.M. 1999. Storage of kaki (*Diospyros kaki*, L.), cv 'Fuyu', in modified and controlled atmosphere storage. *Revista Brasileira de Armazenamento* 24 (2), 42-46.
- Brackmann, A., Freitas, S. T. de., Mello, A.M. de., Steffens, C.A. 2003. Aplicação de 1-MCP em caqui 'quioto' armazenado sob refrigeração e atmosfera controlada. *Revista Brasileira de Fruticultura* 25 (1), 42-44.
- Brackmann, A., de Freitas S.T., Pinto, J.A.V., 2004. Ripening control with 1-Methylcyclopropene on "Fuyu" persimmon in cold storage and controlled atmosphere. *Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia de Uruguaiana* 11, 123-134.
- Burmeister, D.M., Ball, S., Green, S., Woolf, A.B. 1997. Interaction of hot water treatments and controlled atmosphere storage on quality of 'Fuyu' persimmons. *Postharvest Biology and Technology* 12, 71-81.
- Burton, W.G. 1982. *Postharvest physiology of food crops*. Longman, Essex, UK. 119 pp.
- Cia, P., Benato, E.A., Sigrist, J.M.M., Sarantópoulos, C. , Oliveira, L.M., Padula, M. 2006. Modified atmosphere packing for extending the storage life of 'Fuyu' persimmon. *Postharvest Biology and Technology* 42, 228-234.

VI. Bibliografía

Climent, C., Llácer, G. 2001. Caqui. En: La Horticultura Española. Eds. Nuez, F., Llácer, G. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Reus. Spain. p. 279-281.

Collins, R.J., Tisdell, J.S. 1995. The influence of storage time and temperature on chilling injury in 'Fuyu' and 'Suruga' persimmon (*Diospyros kaki* L.) grown in subtropical Australia. *Postharvest Biology and Technology* 6, 149-157.

CRDO. 2007. Informe Anual del Consejo Regulador de la D.O. 'Kaki Ribera del Xúquer'.

Cheftel, J.C., Cheftel, H. 1976. Frutas y legumbres. En: Introducción a la bioquímica y tecnología de alimentos. Ed. Acribia. Zaragoza. España. Vol. 1. p. 135-290.

Choi, H., Kim, W. 2001. Effect of Ca, K and Mg contents on browning of blossom end part of sweet persimmon (*Diospyros kaki* L. cv. Fuyu). *Journal of the Korean Society for Horticultural Science* 42 (3), 319-324.

Choi, C., Wiersma, P.A., Toivonen, P., Kappel, F., 2002. Fruit growth, firmness and cell wall hydrolytic enzyme activity during development of sweet cherry fruit treated with gibberellic acid (GA3). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 77, 615-621.

D.O. Kaki Ribera del Xúquer . www.kakifruit.com (Junio 2008).

Danieli, R., Girardi, C.L., Parussolo, A., Ferri, V.C., Rombaldi, C.V., 2002. Efeito da aplicação de ácido giberélico e cloreto de cálcio no retardamento da colheita e na conservabilidade de caqui Fuyu. *Revista Brasileira de Fruticultura* 24, 44-48.

Deschene, A., Paliyath, G., Loughheed, E.C., Dumbroff, E.B., Thompson, J.E., 1991. Membrane deterioration during postharvest senescence of broccoli florets: modulation by temperature and controlled atmosphere storage. *Postharvest Biology and Technology* 1, 19-31.

Erkan, M., Pekmezci, M., Wang, C.Y. 2005. Hot water and curing treatments reduce chilling injury and maintain post-harvest quality of 'Valencia' oranges. *International Journal of Food Science and Technology* 40 (1), 91-96.

- Fallik, E. 2004. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). *Postharvest Biology and Technology* 32, 125-134.
- Fuentes, A., Gebieluca, A., Ayub, R.A. 2006. Aminoethoxivinilglicina no controle do amadurecimento de frutos de caqui cv. Fuyu. *Revista Brasileira de Fruticultura* 28 (1), 73-75.
- Gao-ZhenHua. (1995). Studies on correlations of tomato firmness and crack with other characters. *Acta Horticulturae* 402, 380-387.
- Girardi, C.L., Parussolo, A., Danieli, R., Corrent, A. R., Rombaldi, C.V., 2003. Conservação de caqui (*Diospyros kaki*, L.), cv. fuyu, pela aplicação de 1-metilciclopropeno. *Revista Brasileira de Fruticultura* 25, 53-55.
- González-Aguilar, G.A., Zacarias, L., Perez-Amador, M.A., Carbonell, J., Lafuente, M.T. 2000. Polyamine content and chilling susceptibility are affected by seasonal changes in temperature and by conditioning temperature in cold-stored mandarin fruit. *Physiologia Plantarum* 108 (2), 140-146.
- Gottreich, M., Blumenfeld, A. 1991. Light microscopic observations of tannin cell walls in persimmon fruit. *Journal of Horticultural Science* 66 (6), 731-736.
- Grant T. M., MacRae E.A., Redgwell, R. J. 1992. Effect of chilling injury on physicochemical properties of persimmon cell walls. *Phytochemistry* 31 (11), 3739-3744.
- Gross, K.C., 1982. A rapid and sensitive spectrophotometric method for assaying polygalacturonase using 2-cyanoaccedamide. *HortScience* 17, 933-934.
- Guelfat-Reich,D., Ben-Arie, R., Metal, N. 1975. Effects of CO₂ and following storage on removal of astringency and keeping quality of 'Triumph' Persimmons. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 100 (2), 95-98.
- Hadfield, K.A., Rose, J.K.C.R., Bennet, A. 1995. The respiratory climacteric is present in Charentais (*Cucumis melo* cv. Reticulates F1 alpha) melons ripened on or off the plant. *Journal of Experimental Botany* 46, 1923-1925.

VI. Bibliografía

Harima, S., Nakano, R., Yamauchi, S., Kitano, Y., Yamamoto, Y., Inaba, A., Kubo, Y., 2003. Extending shelf-life of astringent persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) fruit by 1-MCP. *Postharvest Biology and Technology* 29, 218-323.

Hernández, B. 1999. El cultivo del kaki en la comunidad valenciana. Cuadernos de tecnología agraria 3. Serie fruticultura. Ed. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación. Generalitat Valenciana. Valencia. Spain. 23 pp.

HersHKovitz, V., Saguy, S.I., Pesis, E. 2005. Postharvest application of 1-MCP to improve the quality of various avocado cultivars. *Postharvest Biology and Technology* 37, 252-264.

Ilic, Z., Fallik, E. 2005. Effect of prestorage manipulation on the reduction of chilling injury in tomatoes. *Acta Horticulturae* 682, 1639-1643.

Jiang, Y., Joyce, D.C., Terry, L.A. 2001. 1-Methylcyclopropene treatment affects strawberry fruit decay. *Postharvest Biology and Technology* 23, 227-232.

Jiménez-Cuesta, M., Cuquerella, J., Martínez-Jávega, J.M. 1981. Determination of a color index for citrus fruit degreening. *Proceedings International Society of Citriculture* 2, 750-753.

Jung, S.J. 2000. Effects of temperature management on low temperature tolerance of 'New Century' Hami melon fruits (*Cucumis melo* L.) *Journal of the Chinese Society for Horticultural Science* 46 (1), 73-82.

Kader, A.A. 2002a. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Ed. Kader, A.A. 2nd ed. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California. 535 pp.

Kader, A. 2002b. *Fruit Physiological Disorders: Persimmons. Chilling Injury*. *Postharvest Technology Research Information Center*. University of California.
<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/Disorders/persimmon/perschill.shtml>(Junio 2008)

Kader AA. 2003. Physiology of Ca Treated Produce. *Acta Horticulturae* 600, 349-354.

Kader, A., Saltveit, M.E. 2003. Respiration and Gas Exchange. En: Respiration and Gas Exchange. Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables. Ed. Bartz, J.A., Brecht, J.K., p. 7-29.

Kallithraka, S., Bakker, J., Clifford, M.N. 1998. Preliminary evidence that salivary proteins are involved in astringency. *Journal of Sensory Studies* 13, 29-43.

Ke, D., Kader, A. 1990. Tolerance of 'Valencia' oranges to controlled atmospheres as determined by physiological responses and quality attributes. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 115 (5), 779-783.

Kim, Y., Lee, J., 2005. Extension of storage and shelf-life of sweet persimmon with 1-MCP. *Acta Horticulturae* 685, 165-174.

Kim, W.S., Chung, S.J., Kim, K.Y., DeLong, T., Choi, H.S. 2002. Relationship between Ca, K and Mg concentration and browning of blossom end par of 'Fuyu' sweet persimmon during MA storage. *Advances in Horticultural Science* 16 (2), 95-100.

Kitagawa, H., Glucina, P. 1984. Persimmon culture in New Zealand. New Zealand department of scientific and industrial research. Information Series nº 159.

Knee, M. 1995. Do tomatoes on the plant behave as climacteric fruits? *Physiologia Plantarum* 95, 211-216.

Kosiyachinda, S., Young, R.E. 1976. Chilling sensitivity of avocado fruit at different stages of the respiratory climacteric. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 101, 665-667.

Kubo, Y., Nakano, R., Inaba, A. 2003. Cloning of genes encoding cell wall modifying enzymes and their expression in persimmon fruit. *Acta Horticulturae* 601, 49-55.

Larrigaudiere, C., Vilaplana, R., Soria, Y., Recasens, I. 2004. Oxidative behaviour of Blanquilla pears treated with 1-methylcyclopropene during cold storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84 (14), 1871-1877.

VI. Bibliografía

Lay-Yee, M., Ball, S., Forbes, S.K. and Woolf, A.B. 1997. Hot-water treatment for insect disinfestation and reduction of chilling injury of 'Fuyu' persimmon. *Postharvest Biology and Technology* 10, 81-87.

Lee, Y.M., Jang, S.J., Lee, Y.J. 1997. Effect of preharvest application of MGC-140 and GA3 on storability of 'Fuyu' persimmon (*Diospyros kaki* L.). *J Journal of Korean Society for Horticultural Science* 38, 157-161.

LLacer, G., Badenes, M.L. 2002. Situación actual de la producción de caquis en el mundo. *Agrícola Vergel* 242, 64-70.

Luo, Z. S., Xi Y. F. 2005 Effect of storage temperature on physiology and ultrastructure of persimmon fruit. *Journal of Zhejiang University Agriculture and Life Sciences* 31(2), 195-198.

Luo, Z. 2006. Extending shelf-life of persimmon (*Diospyros kaki* L.) fruit by hot air treatment. *European Food Research and Technology* 222, 149-154

Lurie, S. 1998. Postharvest heat treatments. *Postharvest Biology and Technology* 14, 257-269.

Lurie, S., Klein, J.D., Ben-Arie, R. 1990. Postharvest heat treatment as a possible means of reducing scald of apples. *Journal of Horticultural Science* 65, 503-509.

MacRae, E.A., 1987. Development of chilling injury in New Zealand grown 'Fuyu' persimmon during storage. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 15, 333-344.

Makhlouf, J., Willemont, C., Couture, R., Arul, J., Castaigne, F., 1990. Effect of low temperature and controlled atmosphere storage on the membrane lipid composition of broccoli flower buds. *Science Horticulturae* 42, 9-19

Matsuo, T., Ito, S. 1982. A model experiment for de-astringency of persimmon fruit with high carbon dioxide: in vitro gelation of kaki-tannin by reacting with acetaldehyde. *Agricultural Biological Chemistry* 46, 683-689.

McCollum, T.G., D'Aquino, S., McDonald, R.E. 1993. Heat treatments inhibits mango chilling injury. Hortscience 28, 197-198.

McDonald, R.E., McCollum, T.G., Nordby, H.E. 1993. Temperature conditioning and surface treatments of grape fruit affect expression of chilling injury and gas diffusion. Journal of the American Society for Horticultural Science 118(4), 490-496.

Miccolis, V., Saltveit, M.E., 1991. Morphological and physical changes during fruit growth and maturation of seven melon cultivars. Journal of the American Society for Horticultural Science 116, 1025-1029

Mirdehghan, S.H., Rahemi, M. 2005. Effect of hot water treatment on reducing chilling injury of pomegranate (*Punica granatum*) fruit during storage. Acta Horticulturae 682, 887-892.

Mitcham, E.J.; Attia, M.M.; Biasi, W. 1997. Tolerance of 'Fuyu' persimmons to low oxygen and high carbon dioxide atmospheres for insect desinfestation. Postharvest Biology and Technology 10, 155-160.

Moon, B.W., Kang, I.K., Lee, Y.C., Nam, K.W., Choi, J.S. 2002. Effects of tree-spray of liquid calcium compound on the changes in cell wall components, cell wall hydrolases, and cell wall structure during cold storage of non-astringent persimmon fruits. Journal of Korean Society for Horticultural Science 43, 443-446.

Mulas, M., Schirra, M. 2007. The effect of heat conditioning on the postharvest quality of horticultural crops. Stewart Postharvest Review 1:2.

Nakano, R., Yonemori, K., Suguira, A., Kataoka, I., 1997. Effect of gibberellin acid and ascorbic acid on fruit respiration in relation to final swell and maturation in persimmon. Acta Horticulturae 436, 203-214.

Orihuel-Iranzo, B., Caus-Pertegaz, J., Planeéis-Balsalobre, A. 2003. Caracterización and Measurement of Astringency and Tannin Content in "Rojo Brillante" Persimmon. Acta Horticulturae 601, 227-23.

VI. Bibliografia

Oshida, M., Yonemori, K., Sugiura, A. 1996. On the nature of coagulated tannins in astringent-type persimmon fruit after an artificial treatment of astringency removal. *Postharvest Biology and Technology* 8, 317-327.

Park, Y.S., Kader, A.A. 1997. Changes in fruit skin blackening phenolic acids ethanol production of non-astringent 'fuyu' persimmon fruit during ca storage. En: *Seventh international controlled atmosphere research conference*. Davis, California. p. 170-176.

Pech, J.C., Bouzayen, M., Latché, A. 2003. Physiological, Biochemical, and Molecular Aspects of Ethylene Biosynthesis and Action. En: *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. Ed. Bartz, J.A., Brecht, J.K., p. 247-285.

Peet, M.M. 1992. Fruit cracking in tomato. *HortTechnology* 2, 216-219, 222-223.

Pesis, E., Levi, A., Ben-Arie, R. 1986. Deastringency of persimmon fruits by creating a modified atmosphere in polyethylene bags. *Journal of Food Science* 51 (4), 1014-1016, 1041.

Pesis, E., Levi, A., Ben-Arie, R. 1987. The role of acetaldehyde production in the removal of astringency from persimmon fruit under various modified atmospheres. *Journal of Food Science* 53, 153-156.

Ratanachinakorn, B., Nanthachai, S., Nanthachai, N. 2003. Effect of temperatures and low O₂ atmospheres on quality changes of pineapples. En: *Australian postharvest horticulture conference*, Brisbane, Australia, p. 263-265.

Risse, L.A., Brencht, J.K., Sargent, S.A., Locascio, S. J., Crall, J.M., Elmstrom, G. W., Maynard, D.N. 1990. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 115(3), 440-443.

Saltveit, M.E., Morris, L.L. 1990. Overview on chilling injury of horticultural crops. En: *Chilling injury of horticultural crops*. Ed. Wang, C.Y., CRC Press, Boca Raton FL, p. 3-15.

Saltveit, M.E. 1993. Internal carbon dioxide and ethylene levels in ripening tomato fruit attached to or detached from plant. *Physiologia Plantarum* 89, 204-210.

Saltveit, M.E. 1999. Effect of ethylene on quality of fresh fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 15, 279-292.

Saltveit, M. 2004. Ethylene Effects. En: *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*. Agriculture Handbook Number 66. USDA, ARS. Ed. Gross, K. C., Chien Yi Wang, Saltveit, M.

Salvador, A., Arnal, L., Monterde, A., Cuquerella, J. 2004a. Reduction of chilling injury symptoms in persimmon fruit cv. "Rojo Brillante" by 1- MCP. *Postharvest Biology and Technology* 33, 285-291.

Salvador, A., Cuquerella, J., Martínez-Jávega, J.M., Monterde, A., Navarro, P. 2004b. 1-MCP preserves the firmness of stored persimmon 'Rojo Brillante'. *Journal of Food Science* 69 (2), 69-73.

Salvador, A., Arnal, L., Monterde, A., Martínez-Jávega, J.M., 2005a. Influence of ripening stage at harvest on chilling injury symptoms of persimmon cv. 'Rojo Brillante' stored at different temperatures. *Food Science and Technology International* 11, 359-365.

Salvador, A., Arnal, L., Monterde, A., Carvalho C.P, Martínez-Jávega JM. 2005b. Effect of harvest date on chilling injury development of persimmon fruit. *Acta Horticulturae* 687, 399-403.

Salvador A., Abad, I., Arnal L., Martínez-Jávega, J.M. 2006a. Effect of ozone on postharvest quality of persimmon. *Journal of Food Science* 71 (6), 443-446.

Salvador, A.; Arnal, L.; Carot, J.M.; Carvalho, C.P.; Jabaloyes, J.M. 2006b. Influence of different factors on firmness and color evolution during the storability of persimmon cv. 'Rojo Brillante'. *Journal of Food Science* 71 (2), 169-175.

Sapitnitskaya, M., Maul, P., McCollum, G.T., Guy, C.L., Weiss, B., Samach, A., Porat, R. 2006. Postharvest heat and conditioning treatments activate different molecular responses and reduce chilling injuries in grapefruit. *Journal of Experimental Botany* 57, 2943-2953.

VI. Bibliografia

Sato, A., Yamada, M. 2003. Leading persimmon cultivars for commercial production and breeding targets in Japan. *Acta Horticulturae* 601, 25-30.

Satoshi, T., Ono, M., Otsuki, M., 1998. Effects of freezing rate on astringency reduction in persimmon during and after thawing. *Postharvest Biology and Technology* 14, 317-324.

Schotsmans, W., Verlinden, B.E., Lammertyn, J., Nicolai, B.M., 2004. The relationship between gas transport properties and the histology of apple. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84, 1131-1140.

Shellie, K.C., Saltveit, M.E. 1993. The lack of respiration rise in muskmelon fruit ripening on the plant challenges the definition of climacteric behaviour. *Journal of Experimental Botany* 44, 143-146

Shin, I.S., Lee, S.K., Park, Y.M. 1994. Factors involved in discoloration of fruits of the non-astringent persimmon cultivar Fuyu. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science* 35 (2), 155-164.

Stoforos, N.G., Crelier, S., Robert, M.C., Taoukis, P.S., 2002. Inactivation by temperature and high pressure. *Journal of Food Science* 67, 1026-1031.

Taira, S. 1995. Astringency in persimmon. En: *Fruit Analysis*. Ed. Linskens, H.F., Jackson, J.F. Springer. Hannover. Germany. p. 97-110.

Taira S, Ono M, Matsumoto N. 1997. Reduction of persimmon astringency by complex formation between pectin and tannins. *Postharvest Biology and Technology* 12(3), 265-71.

Taira, S., Ono, M., Otsuki, M. 1998. Effects of freezing rate on astringency reduction in persimmon during and after thawing. *Postharvest Biology and Technology* 14, 317-324

Taira, S., Ikeda, K., Ohkawa, K., 2001. Comparison of insolubility of tannins induced by acetaldehyde vapor in fruit of three types of astringent persimmon. *Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology* 48, 684-687.

Tanaka Y, Takase N, Sato J. 1971. Effect of CA-storage on the quality of persimmons (*Diospyros kaki* Linn.f.). Studies on the CA-storage of fruits and vegetables, III Research bulletin of the aichi prefecture agricultural research center, Series B3 (July 1971).

Testoni, A., Tonno, A., Di Tonno, A. 1988a. Rimozione dell'astringenza del kaki mediante trattamento con anidride carbonica. Convengo SOI 'Aggiornamenti nella coltura del kaki'. Faenza, 105-108.

Testoni, A., Tonno, A-di; Tonno, A. 1988b. The removal of astringency from persimmon by means of carbon dioxide treatment. Annali-dell'Istituto Sperimentale per la Valorizzazioni Tecnologica dei Prodotti Agricoli, Milan. Italy

Tibola, C.S., Lucchetta, L., Zanuzo, M.R., Silva, P.R., da , Ferri, V.C. , Rombaldi, C.V. 2005. Inibição da ação do etileno na conservação de caquis (*Diospyrus kaki* L.) 'fuyu'. Revista Brasileira de Fruticultura 27(1), 36-39.

Tijksens, L.M.M., Vollebregt, H.M., Ariza, R., Vega, M., Cornejo, G. 2003. Forced hot air treatment at low humidity is effective in reducing chilling injury and decay development in papaya fruit. Acta Horticulturae 604, 697-702.

Valdenegro, M., Flores, F.B., Romojaro, F., Ramirez, M., Martinez-Madrid, M.C. 2005. Susceptibility of Spanish melon fruits to chilling injury during cold storage. Acta Horticulturae 682(2), 1219-1225.

Vlachonasios, K.E., Kadyrzhanova, D.K., Dilley, D.R. 2001. Heat treatment prevents chilling injury of tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruits: heat shock genes and heat shock proteins in the resistance of tomato fruit to low temperatures. Acta Horticulturae 553, 543-547.

Wang, C.Y. 1982. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. HortScience 17, 173-186.

Wang, C.Y. 2000. Postharvest techniques for reducing low temperature injury in chilling-sensitive commodities. En: Improving Postharvest Technologies for Fruits, Vegetables and Ornamentals. Edit. Intern. Institute of Refrigeration. Ed: F. Artés, M.I. Gil y M.A. Conesa.II, p. 467-473.

VI. Bibliografia

Wills, R., McGlasson, B., Graham, D., Joyce, D. 1998. Postharvest. 4th ed. Australia. Ed. UNSW PRESS. 262 pp.

Woolf, A.B. 1997. Reduction of chilling injury in stored 'Hass' avocado fruit by 38°C water treatments. *Hortscience* 32(7), 1247-1251.

Woolf, A.B., Watkins, C.B., Bowen, J.H., Lay-Yee, M., Maindonald, J.H., Ferguson, I.B. 1995. Reducing external chilling injury in stored 'Hass' avocados with dry heat treatments. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 120, 1050-1056.

Woolf, A.B., Ball, S., Spooner, K.J., Lay-Yee, M., Ferguson, I.B., Watkins, C.B., Gunson, A., Forbes, S.K. 1997a. Reduction of chilling injury in the sweet persimmon 'Fuyu' during storage by dry air heat treatments. *Postharvest Biology and Technology* 11, 155-164.

Woolf, A.B., MacRae, E.A., Spooner, K.J., Redgwell, R.J. 1997b. Changes to physical properties of the cell wall and polyuronides in response to heat treatment of 'Fuyu' persimmon that alleviate chilling injury. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 122, 698-702.

Xian, Z., ZhiFang, Y., ChuanLai, D., JiaHong, W. 2004. Chilling injury and anti-chilling injury measure of fruit during low temperature storage. *Journal of Nanjing Forestry University Natural Sciences* 28 (3), 105-110.

Xu, C.-H., Nakatsuka, A., Itamura, H., 2004. Effects of 1-methylcyclopropene (MCP) treatment on ethylene production, softening and activities of cell wall degrading enzymes in 'Saijo' persimmon fruit after removal of astringency with dry ice. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 73, 184-188.

Xu-ChuanLai., Jin-ZhengYu., Yang-ShouQing. 2005. Polyamines induced by heat treatment before cold-storage reduce mealiness and decay in peach fruit. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 80, 557-560.

Yamada, M., Taira, S., Ohtsuki, M., Sato, A., Iwanami, H., Yakushiji, H., Wang, R., Yang, Y., Li, G., 2002. Varietal differences in the ease of astringency removal by carbon dioxide gas and ethanol vapor treatments among Oriental astringent persimmons of Japanese and Chinese origin. *Science Horticulturae* 94, 63-72.

- Yamada, M., Yamane, H., Kurihara, A., Nagata, K., Sato, A., Kishi, T., Matsumoto, R., Yoshinaga, K., Hirakawa, N., Iwanami, H., Kakutani, M., Ozawa, T., Sumi, T., Hirabayashi, T., Kanato, K., Nakajima, I. 2003. New Japanese persimmon cultivar 'Yubeni'. Bulletin of the National Institute of Fruit Tree Science 2, 65-75.
- Yang, Y., Ruan, X., Wang, R., Li, G., 2005. Morphological characteristics under optical microscope of tannin cells in persimmon fruit. Acta Horticulturae 685, 135-141.
- Yonemori, K., Matsushima, J. 1987. Morphological characteristics of tannin cells in Japanese persimmon fruit. Journal of the American Society for Horticultural Science 112 (5), 812-817.
- Yonemori, K., Oshida, M., Sugiura, A., 1997. Fine structure of tannin cells in fruit and callus tissues of persimmon. Acta Horticulturae 436, 403-413.
- Zavrtanik, M., Hribar, J., Vidrih, R. 1999. Effect of short anoxia exposure on metabolic changes of persimmon fruits (*Diospiros kaki* L.). Acta Horticulturae 485, 405-411.
- Zhu, D.X., Rao, J. P., Zhou, C.T., Tang, A.J. 2004. Effect of 1-MCP treatment on several physiological changes of persimmon fruits during storage period. Acta Botanica Boreali Occidentalia Sinica 24(6), 1061-1065.